



TITLE:

高速道路暫定2車線区間におけるボトルネック交通容量に関する研究(Dissertation_全文)

AUTHOR(S):

吉川, 良一

CITATION:

吉川, 良一. 高速道路暫定2車線区間におけるボトルネック交通容量に関する研究. 京都大学, 2006, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2006-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k12300>

RIGHT:

高速道路暫定 2 車線区間における ボトルネック交通容量に関する研究

平成 1 8 年 2 月

吉川 良一

目 次

第 1 章	研究概要	1
1-1	研究背景	1
1-2	研究目的	2
1-3	研究概要	2
第 2 章	高速道路の交通容量に関する既往の研究	4
2-1	ボトルネック現象と交通容量	4
2-2	渋滞対策	6
第 3 章	暫定 2 車線区間のボトルネック現象と交通容量	8
3-1	ボトルネック現象	8
3-2	ボトルネックの交通容量	14
3-3	ボトルネックの道路構造	24
3-4	暫定 2 車線区間と 4 車線区間との比較	28
3-5	暫定 2 車線区間における付加車線設置によるボトルネック交通容量の向上	31
第 4 章	暫定 2 車線区間のボトルネック交通容量と道路構造との関係分析（マクロ分析）	47
4-1	ボトルネック交通容量と道路構造との関係	47
4-2	ボトルネックにおける渋滞発生確率分布の推定	72
4-3	ボトルネック交通容量と道路構造との関係のまとめ	84
第 5 章	暫定 2 車線区間のボトルネック交通容量推定方法（ミクロ分析）	85
5-1	車群中の車両走行特性	85
5-2	暫定 2 車線区間のボトルネック交通容量推定シミュレーションの構築	89
5-3	暫定 2 車線区間のボトルネック交通容量推定シミュレーションの検証	98
5-4	ボトルネック交通容量の推定	105
第 6 章	暫定 2 車線区間ボトルネック交通容量推定の適用	113
6-1	ボトルネックの推定	113
6-2	ボトルネック交通容量の推定	120
6-3	段階供用における渋滞予測手法とその検証	126
第 7 章	暫定 2 車線区間におけるソフト的渋滞対策	146
7-1	LED 標識の渋滞先頭位置情報提供によるソフト的渋滞対策	146
7-2	交通需要分散によるソフト的渋滞対策	162

第 8 章	まとめと今後の課題	180
8-1	まとめ	180
8-2	今後の課題	183
参考文献	184
謝 辞	187

図リスト

図 1-1-1	暫定 2 車線高速道路の供用延長	1
図 1-3-1	本研究の全体構成	3
図 3-1-1	東海北陸道(上り線)の平面縦断線形図と渋滞非渋滞時の走行速度プロファイル	8
図 3-1-2(1)	東海北陸道(上り線)の車両感知器データによる交通量速度変動図	9
図 3-1-3(1)	東海北陸道(上り線)美濃～白鳥間 地点別 1 時間 Q-V 図	11
図 3-1-4	東海北陸道(上り線)のボトルネック付近の 1 時間 Q-V 図	13
図 3-2-1	暫定 2 車線区間ボトルネック交通容量算定結果(ボトルネック毎の平均交通容量)	20
図 3-2-2(1)	ボトルネック毎の渋滞発生時交通量算定結果(分布状況)	21
図 3-2-3(1)	ボトルネック毎の渋滞発生後捌け交通量算定結果(分布状況)	22
図 3-3-1	暫定 2 車線区間ボトルネックの渋滞要因別渋滞発生時交通量	25
図 3-3-2	暫定 2 車線区間ボトルネックの渋滞要因別渋滞発生後捌け交通量	26
図 3-3-3	暫定 2 車線区間ボトルネックの渋滞発生後の交通容量低下量	27
図 3-4-1	暫定 2 車線区間と 4 車線区間のボトルネック交通容量の比較	28
図 3-4-2(1)	渋滞発生前 30 分間交通流の車頭時間分布の比較	29
図 3-5-1	暫定 2 車線区間の付加車線切替方式	32
図 3-5-2	暫定 2 車線区間における付加車線の横断構成	33
図 3-5-3	ボトルネックでの渋滞軽減効果のメカニズム	35
図 3-5-4	東海北陸道(上り線)平山 TN 付近の付加車線設置状況と縦断線形	36
図 3-5-5	車両感知器データから推定した東海北陸道(上り線)郡上八幡～白鳥間の渋滞状況	37
図 3-5-6	東海北陸道(上り線)の付加車線延伸前後における付加車線上流側の Q-V 図	37
図 3-5-7	付加車線設置前後の交通状況把握調査概要	38
図 3-5-8	付加車線始点部付近での車線変更車両の構成率	39
図 3-5-9	付加車線始点部付近での地点別車線変更状況	39
図 3-5-10	付加車線始点部付近での追越車線への車線変更率	39
図 3-5-11	東海北陸道(上り線)平山 TN 付近の付加車線終点部付近での走行車線への車線復帰率	40
図 3-5-12	付加車線終点部付近での地点別車線変更状況	40
図 3-5-13	付加車線区間および前後での速度分布状況	41
図 3-5-14	暫定 2 車線区間での走行速度の階層	42
図 3-5-15	付加車線区間での走行速度の階層	42
図 3-5-16	付加車線区間前後の車群数と車群内台数の平均値	43
図 3-5-17	付加車線区間前後での車群内台数の構成率	43
図 3-5-18	観測地点毎の車群先頭車の走行速度階層	44
図 3-5-19	車群先頭車の走行速度と車群内台数の関係	44
図 3-5-20	付加車線区間走行前後の車群内台数	45
図 3-5-21	付加車線区間走行前後における通過台数のフローレート換算交通量の比較	45
図 4-1-1(1)	ボトルネック毎の渋滞発生時交通量(平均値・最大値・最小値)	49
図 4-1-2	説明変数に用いた道路構造の概念	50
図 4-1-3(1)	ボトルネック毎の平均渋滞発生時交通量と道路構造の単相関	53
図 4-1-4(1)	ボトルネック毎の平均渋滞発生後捌け交通量と道路構造の単相関	54
図 4-1-5	ボトルネック毎の平均渋滞発生時交通量の推定値と実測値の関係(変数増減法)	58
図 4-1-6	ボトルネック毎の平均渋滞発生時交通量の推定値と実測値の関係(変数減少法)	58
図 4-1-7	ボトルネック毎の平均渋滞発生後捌け交通量の推定値と実測値の関係	59
図 4-1-8(1)	ボトルネックの全サンプル渋滞発生時交通量と道路構造の単相関	61
図 4-1-9(1)	ボトルネックの全サンプル渋滞発生後捌け交通量と道路構造の単相関	62
図 4-1-10	全サンプル渋滞発生時交通量の推定値と実測値の関係	65
図 4-1-11	全サンプル渋滞発生後捌け交通量の推定値と実測値の関係	65
図 4-1-12(1)	全サンプル渋滞発生時交通量と交通特性の単相関	68
図 4-1-13	交通特性を考慮した渋滞発生時交通量の推定値と実測値の関係	71
図 4-1-14	交通特性を考慮した渋滞発生後捌け交通量の推定値と実測値の関係	71
図 4-2-1	ボトルネックの渋滞発生割合	72
図 4-2-2(1)	苅安 TN 付近における交通量階層別の渋滞発生割合(冬季)	73
図 4-2-3(1)	苅安 TN 付近における渋滞発生確率分布(冬季)	81
図 5-1-1	車群の判定基準	86
図 5-1-2	車群内各走行位置における車両の平均車頭時間	87

図 5-1-3	分散分析の結果	88
図 5-2-1	対象区間概略図	89
図 5-2-2	シミュレーションのフローチャート	89
図 5-2-3	車群形成モデルのフローチャート	91
図 5-2-4(1)	自由走行速度分布 ($\sigma=95.50$ 、 $\mu=0.13$)	92
図 5-2-5	シミュレーションによる車群台数分布 ($Q=600$ 台/時、 $L_{single}=2.0\text{km}$ のとき)	93
図 5-2-6	シミュレーションによる車群台数分布 ($Q=600$ 台/時、 $L_{single}=4.0\text{km}$ のとき)	93
図 5-2-7	シミュレーションによる車群台数分布 ($Q=900$ 台/時、 $L_{single}=2.0\text{km}$ のとき)	94
図 5-2-8	シミュレーションによる車群台数分布 ($Q=900$ 台/時、 $L_{single}=4.0\text{km}$ のとき)	94
図 5-2-9	車群分散モデルのフローチャート	96
図 5-2-10	付加車線設置区間長の大小による追い抜き台数分布比較	97
図 5-3-1	交通流観測地点	98
図 5-3-2	車群の定義	99
図 5-3-3	B 地点において観測された各車群台数の車群度数分布	99
図 5-3-4(1)	自由走行速度分布 ($\sigma=93.3$ 、 $\mu=0.103$)	100
図 5-3-5	自由走行速度パラメータと尤度値の関係 ($\mu=0.103$ [km/h])	101
図 5-3-6	自由走行速度パラメータ μ と尤度値の関係 ($\sigma=93.3$ [km/h])	101
図 5-3-7	シミュレーションによる車群台数分布と実測による車群台数分布の比較	102
図 5-3-8	A 地点～H 地点間における追い抜き台数分布の観測値	103
図 5-3-9	追い抜き判断基準パラメータと尤度値の関係	104
図 5-3-10	シミュレーションによる追い抜き台数分布と実測による追い抜き台数分布の比較	104
図 5-4-1	片側 1 車線区間長と渋滞発生確率の関係	106
図 5-4-2	片側 1 車線区間長と 5%渋滞発生時交通量の関係	107
図 5-4-3	低速車両混入時における発生交通量と渋滞発生確率の関係	108
図 5-4-4	低速車両混入時における片側 1 車線区間長と 5%渋滞発生時交通量の関係	109
図 5-4-5	発生交通量と渋滞発生確率の関係	110
図 5-4-6	付加車線設置区間長と 5%渋滞発生時交通量の関係	110
図 5-4-7	低速車両混入時における発生交通量と渋滞発生確率の関係	111
図 5-4-8	低速車両混入時における付加車線設置区間長と 5%渋滞発生時交通量の関係	112
図 6-1-1(1)	東海北陸道(上り線)美濃～白鳥間の車両感知器設置箇所	114
図 6-1-2(1)	東海北陸道(上り線)美濃～白鳥間の速度コンター図	116
図 6-1-3	東海北陸道(上下線)美濃～白鳥間フローティング調査結果と速度低下図	118
図 6-2-1	東海北陸道(上り線)美濃～白鳥間の車両感知器データ Q-V 図	120
図 6-3-1	渋滞予測の作業手順	126
図 6-3-2	渋滞予測モデルの演算概念図	128
図 6-3-3	渋滞予測モデルの区間設定イメージ	129
図 6-3-4	渋滞状況評価指標説明のための渋滞模式図	133
図 6-3-5	需要時間交通量の差分交通量の算出	134
図 6-3-6	同一 IC 区間の複数のボトルネック	135
図 6-3-7	美並 IC～郡上八幡 IC の渋滞流密度	138
図 6-3-8	渋滞が多い区間の需要・実績時間係数比較図例	139
図 6-3-9(1)	東海北陸道(上り線)美濃～白鳥間平日休日時間変動	140
図 6-3-10	東海北陸道(上下線)美濃～郡上八幡間の 4 車線化段階供用概要図	143
図 6-3-11(1)	第 1 段階供用後における渋滞状況実績と予測結果(1)	144
図 7-1-1	LED 標識による渋滞先頭位置情報提供実験の位置図	146
図 7-1-2	LED 標識による渋滞先頭位置情報提供実験調査箇所の縦断線形	147
図 7-1-3	渋滞先頭位置情報提供実験時における LED 表示板の配置位置	148
図 7-1-4	渋滞先頭位置情報提供実験時における上下流側の LED 表示板	148
図 7-1-5	渋滞先頭位置情報提供実験日における交通量・速度分布図状況	149
図 7-1-6	東海北陸道(上り線)美並～白鳥間の渋滞先頭位置情報提供実験日の交通状況図	150
図 7-1-7	LED 標識による情報提供効果の評価方法	151
図 7-1-8	情報提供効果評価に用いる渋滞巻き込まれ時間の算出例	152
図 7-1-9	本検討に用いる渋滞巻き込まれ時間の算出例	152
図 7-1-10	対象日別の渋滞巻き込まれ時間と渋滞発生後捌け交通量関係	153
図 7-1-11	LED 表示非表示別の渋滞巻き込まれ時間と渋滞発生後捌け交通量の関係	153
図 7-1-12	渋滞巻き込まれ時間と渋滞発生後捌け交通量の回帰式	154
図 7-1-13	LED 標識による渋滞発生後捌け交通量増加のメカニズム	157

図 7-1-14	LED 標識による渋滞先頭位置情報提供前後の Q-V 図	158
図 7-1-15(1)	LED 標識車による渋滞発生後車頭時間分布の変化	159
図 7-1-16	東海北陸道(上り線)美並～白鳥間での渋滞先頭位置情報提供案	161
図 7-2-1(1)	東海北陸道(上り線)郡上八幡～飛騨清見間の平日休日別時間交通量	164
図 7-2-2	東海北陸道(上り線)ぎふ大和～高鷲間の交通量時間変動	166
図 7-2-3	東海北陸道 高鷲 IC 周辺の沿道施設	168
図 7-2-4	東海北陸道(上り線)休憩施設と国道 156 号道の駅「大日岳」	169
図 7-2-5	渋滞予測情報の提供事例(ドライブカレンダー)	170
図 7-2-6	所要時間情報の提供事例(ドラナビ)	170
図 7-2-7	現在の道路交通情報の提供事例((財)日本道路交通情報センター)	171
図 7-2-8	時間分散による渋滞対策の考え方	171
図 7-2-9	出発時間を 2 時間遅らせた場合の時間変動	173
図 7-2-10	出発時間を 2 時間遅らせた場合の渋滞予測結果	174
図 7-2-11	出発時間を 2 時間早めた場合の時間変動	175
図 7-2-12	出発時間を 2 時間早めた場合の渋滞予測結果	176
図 7-2-13	出発時間を前後 2 時間に分散させた場合の時間変動	177
図 7-2-14	出発時間を前後 2 時間に分散させた場合の渋滞予測結果	178

表リスト

表 3-1-1	東海北陸道(上り線)の暫定2車線区間ボトルネック交通容量	13
表 3-2-1	暫定2車線区間ボトルネック交通容量の分析対象選定結果	14
表 3-2-2(1)	分析に用いる月別昼夜薄暮時間帯の設定	17
表 3-2-3	分析対象ボトルネックのサンプル数	19
表 3-2-4	暫定2車線区間ボトルネック交通容量算定結果	23
表 3-3-1	渋滞要因別のボトルネック渋滞要因内訳	24
表 3-3-2	暫定2車線区間ボトルネックの渋滞要因別渋滞発生時交通量	25
表 3-3-3	暫定2車線区間ボトルネックの渋滞要因別渋滞発生後捌け交通量	26
表 3-3-4	暫定2車線区間ボトルネックの渋滞発生後の交通容量低下量	27
表 3-4-1	暫定2車線区間と4車線区間のボトルネック交通容量の比較	28
表 3-5-1	追越車線方式と登坂車線方式の比較	32
表 3-5-2	暫定2車線区間における付加車線の設置状況	33
表 3-5-3	東海北陸道(上り線)平山 TN 付近の渋滞発生状況と交通量	36
表 3-5-4	東海北陸道(上り線)平山 TN 付近の交通容量	38
表 3-5-5	東海北陸道(上り線)平山 TN 付近の付加車線設置前後の交通状況把握調査概要	38
表 3-5-6	付加車線区間前後の車群数と車群内台数の平均値	43
表 4-1-1	暫定2車線区間ボトルネックの道路構造	47
表 4-1-2	暫定2車線区間ボトルネック毎の交通容量	48
表 4-1-3	多変量解析に使用する影響変数一覧	50
表 4-1-4	ボトルネック毎の平均渋滞発生時交通量と説明変数の相関行列	52
表 4-1-5	ボトルネック毎の平均渋滞発生後捌け交通量と説明変数の相関行列	52
表 4-1-6(1)	ボトルネック毎の平均渋滞発生時交通量と道路構造による解析結果(変数増減法)	55
表 4-1-7(1)	ボトルネック毎の平均渋滞発生時交通量と道路構造による解析結果(変数減少法)	56
表 4-1-8(1)	ボトルネック毎の平均渋滞発生後捌け交通量と道路構造による解析結果	57
表 4-1-9	ボトルネックの全サンプル渋滞発生時交通量と説明変数間の相関行列	60
表 4-1-10	ボトルネックの全サンプル渋滞発生後捌け交通量と説明変数間の相関行列	60
表 4-1-11(1)	全サンプル渋滞発生時交通量と道路構造による解析結果	63
表 4-1-12(1)	全サンプル渋滞発生後捌け交通量と道路構造による解析結果	64
表 4-1-13	全サンプル渋滞発生時交通量と交通特性を含めた説明変数間の相関行列	66
表 4-1-14	全サンプル渋滞発生後捌け交通量と交通特性を含めた説明変数間の相関行列	67
表 4-1-15(1)	全サンプル渋滞発生時交通量と道路構造および交通特性による解析結果	69
表 4-1-16(1)	全サンプル渋滞発生後捌け交通量と道路構造および交通特性による解析結果	70
表 4-2-1	各ボトルネックにおける渋滞発生確率分布のパラメータ推定値	80
表 5-1-1	車群中の走行位置と車頭時間の関係	87
表 5-1-2	分散分析の結果	88
表 5-2-1	シミュレーションにおける車群形成モデルの確認	93
表 6-1-1	東海北陸道(上下線)の速度低下地点と平均速度	117
表 6-1-2	東海北陸道(上下線)美濃～白鳥間のボトルネック推定結果	119
表 6-2-1	東海北陸道(上り線)美濃～白鳥間の顕在化ボトルネックの交通容量の範囲	120
表 6-2-2	東海北陸道(上り線)美濃～白鳥間の顕在化ボトルネックの交通容量算出結果	121
表 6-2-3	確定的推定方法によるボトルネック交通容量の推定結果一覧	122
表 6-2-4	非渋滞流速および密度による交通容量算出結果一覧	124
表 6-2-5	渋滞発生時交通量推定値の検証結果	125
表 6-2-6	渋滞発生後捌け交通量推定値の検証結果	125
表 6-3-1	渋滞予測モデルに用いる交通容量適用値	137
表 6-3-2	渋滞予測モデルにて設定した片側2車線区間	138
表 7-1-1	LED 標識による渋滞先頭位置情報提供実験調査日時	147
表 7-1-2	渋滞先頭位置情報提供実験時における LED 表示板の表示内容	148
表 7-1-3	渋滞先頭位置情報提供実験日における交通状況	149
表 7-1-4	LED 標識による情報提供効果評価に用いる対象日	151
表 7-1-5	LED 標識の渋滞先頭位置情報提供による渋滞発生後捌け交通量の増加効果	155
表 7-1-6	LED 標識の渋滞先頭位置情報提供による時間帯別渋滞発生後捌け交通量の増加効果	155

表 7-1-7	渋滞発生後捌け交通量の増加効果に関する暫定 2 車線道路と多車線道路との比較 ...	156
表 7-2-1	東海北陸道沿線スキー場の箇所と利用可能時間	162
表 7-2-2	出発時間を 2 時間遅らせた場合の設定交通量	173
表 7-2-3	出発時間を 2 時間遅らせた場合の渋滞予測結果	174
表 7-2-4	出発時間を 2 時間早めた場合の設定交通量	175
表 7-2-5	出発時間を 2 時間早めた場合の渋滞予測結果	176
表 7-2-6	出発時間を前後 2 時間に分散させた場合の設定交通量	177
表 7-2-7	出発時間を前後 2 時間に分散させた場合の渋滞予測結果	178
表 8-1-1	暫定 2 車線区間と 4 車線区間のボトルネック交通容量の比較	180

第1章 研究概要

1-1 研究背景

高速道路の単路部で縦断線形のサグ部やトンネル入り口付近が、交通容量上のボトルネックとなって交通渋滞が頻発することが、広く知られている。このとき、渋滞発生前の近飽和状態における高い交通量レベルでは、走行車線と追越車線との間に速度差が生じ、追越車線に車線利用率が著しく偏る傾向がある。このため、車線利用率の不均衡が生じることで、ボトルネックでの交通容量が低くなってしまう。このような、片側2車線以上の高速道路のボトルネック現象に関する調査・研究は、1980年頃より始められ、渋滞発生メカニズムや交通容量について明らかになってきた。しかし、暫定2車線（片側1車線）の高速道路におけるボトルネック現象や交通容量などについては、十分に把握されているとは言えない。

暫定2車線の高速道路とは、高速道路の全国展開を早期に図る要請と、高速道路全体の採算性を確保する必要から考えられた方策であり、昭和47年の道路審議会答申により実行に移され、その延長は年々増加し、平成16年度末の供用延長は約1,981kmに達している（図1-1-1）。

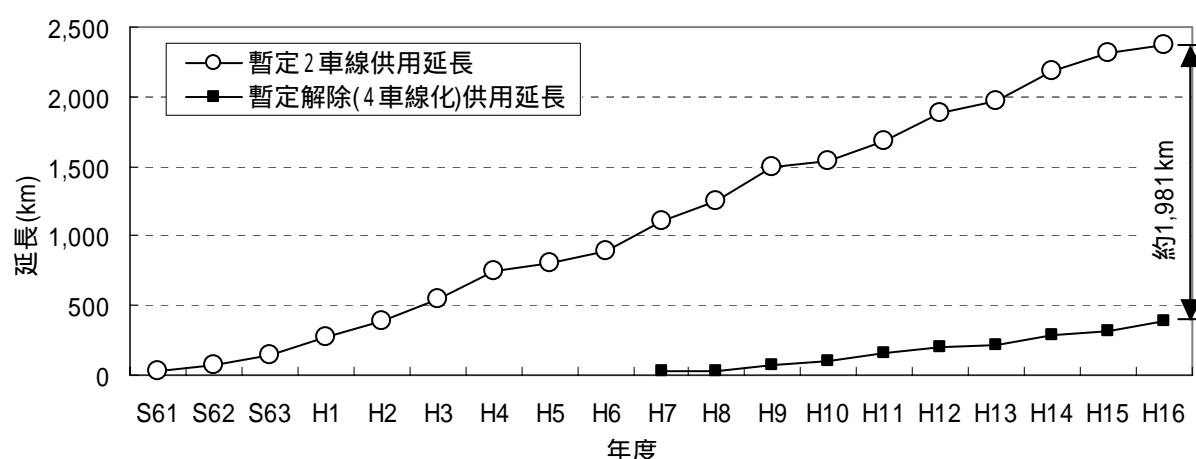


図 1-1-1 暫定2車線高速道路の供用延長

暫定2車線高速道路は、供用当初の交通量が少ない期間の初期投資を抑制することによって、供用後に発生する費用の内、金利負担を低く抑えることを目的として、用地買収は4車線、工事は2車線で施工し、将来交通量が増加した段階で4車線化するものである。暫定2車線とするか否かは、開通時の日平均交通量1万台を目安とし、4車線化の着手時期も完成時の日平均交通量が1万4千台に達する時を目安としているが、明確な基準がある訳ではない。

このように、暫定2車線高速道路は増加し続けているにもかかわらず、元来暫定的・短期的なものであるとの考えからその交通特性や交通容量さえも明らかになっていない。そこで本研究では、最も喫緊の課題である暫定2車線区間におけるボトルネック現象及び交通容量の解明と、その渋滞対策について検討を行うものである。

1-2 研究目的

高速道路を安全・快適に走行して頂くための最大のものは、高速道路で渋滞しないことである。そのためには、2車線より4車線、4車線より6車線と、車線数を増加させていくことが最善の方策であることは明らかであるが、一方で、高速道路が未開通の区間も全国で多数存在することから、限られた資源を適正に配分していかなければならない。

また、暫定2車線高速道路において、究極の目的が4車線化にあるとしても、その時期やどこから手を付けるべきかの優先順位付け、また、ボトルネックへの部分対策、ソフトの対策など、資源の有効活用的手段は多数ある。そこで、本研究では、暫定2車線高速道路の交通特性を把握することによって、その渋滞対策を提案することを目的として、次の検討を行うものである。

- 暫定2車線高速道路のボトルネック現象や交通容量の特徴を、4車線区間と比較することにより把握
- ボトルネック交通容量と道路構造との関係の分析
- 道路構造によるボトルネック交通容量の確定的及び確率的推定方法の提案(マクロ分析)
- ボトルネック交通容量のミクロ的推定方法の提案
- ボトルネックの交通容量向上手法の提案
- ソフト的渋滞対策の検討

1-3 研究概要

本研究は、暫定2車線高速道路における交通容量の推定が主題であるが、ここでの交通容量とは、実用交通容量 (Practical Capacity) を指す。

本研究の全体構成は、図 1-3-1 に示すとおりであり、研究の概要は、以下の通りである。

第2章では、既往の研究として高速道路のボトルネック現象と交通容量及び、渋滞対策についてのレビューを行う。

第3章では、高速道路の暫定2車線区間におけるボトルネック現象と交通容量を明らかにし、暫定2車線と4車線区間とのボトルネック付近の交通流特性と交通容量の比較を行う。また、暫定2車線区間の付加車線設置の考え方を整理し、ボトルネック部に付加車線が設置されることが最も渋滞軽減効果があるが、ボトルネック上流側に付加車線を設置した場合においても渋滞軽減効果が期待できること、ボトルネック上流側の付加車線がボトルネック交通容量に与える影響について述べる。

第4章では、全国の高速道路暫定2車線区間のボトルネックの推定及びボトルネック交通容量を算定し、ボトルネック付近の道路構造を整理する。暫定2車線区間のボトルネック交通容量と道路構造との関係をマクロ的視点から分析する。また、暫定2車線区間のボトルネック交通容量の確率分布の推定手法及び、それを用いたボトルネックの渋滞発生確率や渋滞発生確率に対応したボトルネック交通容量の推定を提案する。

第5章では、暫定2車線区間の付加車線の設置による下流側のボトルネック交通容量向上についてのメカニズムを明らかにし、交通流シミュレーションを用いてボトルネック交通容量の推定

手法をミクロ的視点から提案し、暫定2車線区間の単路部における車群の形成状況、付加車線による車群の分散効果及びボトルネック交通容量の推定手法を検証する。

第6章では、暫定2車線区間のボトルネック交通容量推定手法の適用事例として、潜在的ボトルネック及びその交通容量を推定し、効果的な4車線化段階供用を検討するための渋滞予測手法の提案及び検証を行う。

第7章では、ソフト的な渋滞対策として、LED標識を用いた渋滞先頭位置情報の提供によるボトルネック交通容量向上の可能性及びそのメカニズムを分析する。また、交通需要のマネジメントという観点から、渋滞予測情報の提供により交通需要の時間シフトを促し、渋滞軽減の可能性について分析する。

第8章では、本研究の主な成果と今後の課題をまとめる。

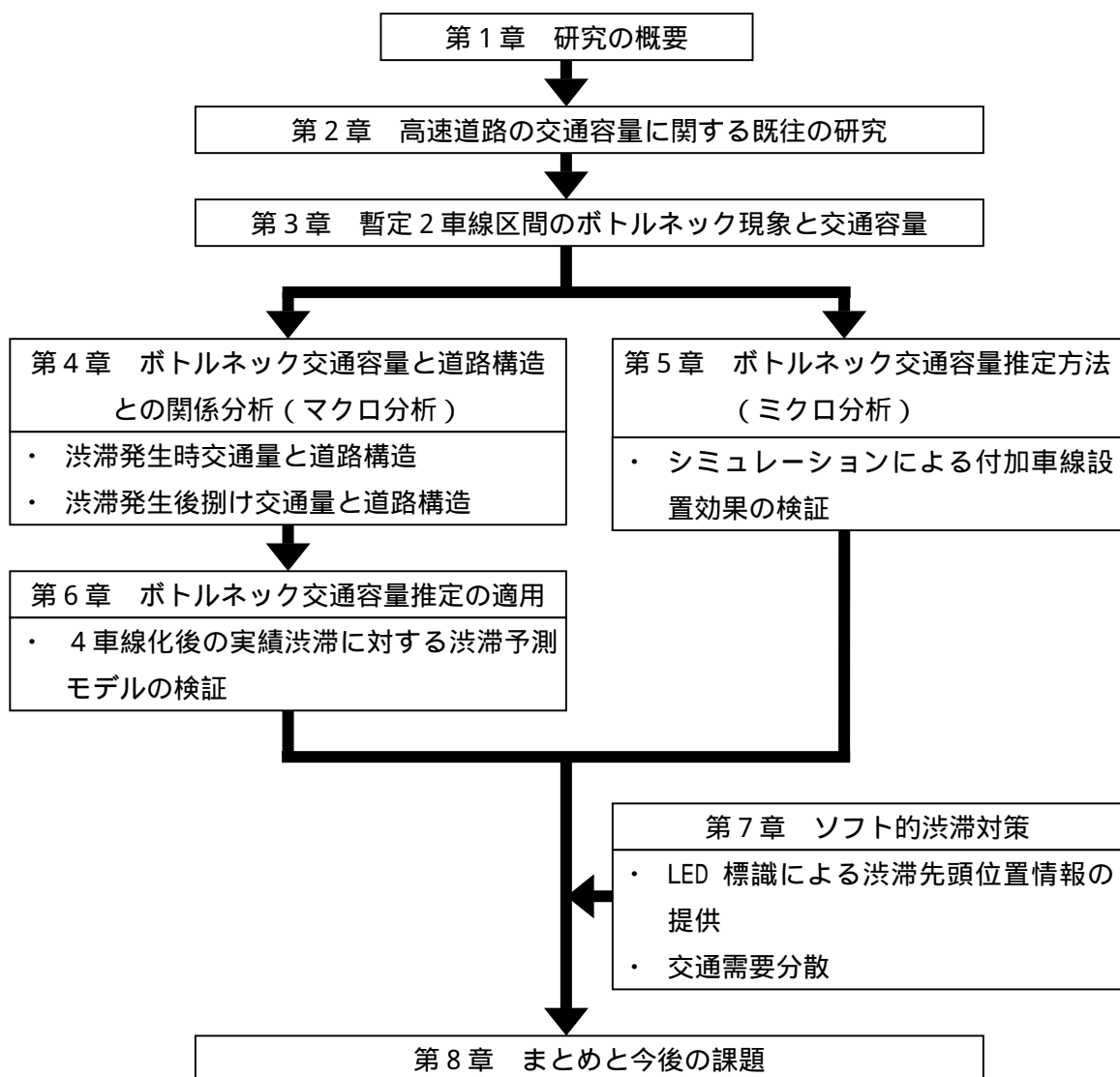


図 1-3-1 本研究の全体構成

第2章 高速道路の交通容量に関する既往の研究

2-1 ボトルネック現象と交通容量

高速道路の単路部で縦断線形のサグ部やトンネル入り口付近が、交通容量上のボトルネックとなって交通渋滞が頻発することが、広く知られている。片側2車線以上の高速道路のボトルネック現象に関する調査・研究は、越ら¹⁾⁻⁵⁾によって1980年頃より始められ、渋滞発生メカニズムや交通容量について明らかになってきた。渋滞発生前の近飽和状態における高い交通量レベルでは、走行車線と追越車線との間に速度差が生じ、追越車線の車線利用率が60%強を超えることになり、著しく偏る傾向がある。こうして追越車線に形成される密で大きな車群がサグやトンネルなどのボトルネックを通過すると、微少な速度攪乱で減速波となって上流へ伝播して渋滞発生の引き金となる。一旦追越車線に渋滞が起きると、超過車両の一部がより低密度の走行車線へ車線変更するために、殆ど同時に走行車線も渋滞してしまう。この様な車線利用率の不均衡が生じることで、ボトルネックでの交通容量が低くなってしまう。渋滞後の交通容量は、ボトルネックを先頭とする渋滞流から下流に向かう発進交通流のフローレートで決まる。

サグやトンネルなどのボトルネックでの速度低下の原因は、以下の通りである。

まず、サグの場合では、その底部を境にして車両に重力の作用による走行抵抗の増加が生じる。したがって底部より下流側で適切なアクセルワークが行われないと、速度低下が生じる。そして、車間距離が限界状態となった車群がサグにさしかかった時に、ほとんどのドライバーは速度低下に気付かず（無意識に）それまでと同じ車間距離を保とうとする。あるいは、いち早く速度低下した前車との距離が縮まるのに反応して減速を行う。このとき、低下した速度に応じて車間距離も縮まるのであれば、同じ車頭時間が保たれる。しかし、速度が低下しても同じ車間距離が確保されれば車頭時間は大きくなる。このように、ある車両がその車頭時間を拡大すれば、その瞬間に後方車両の車頭時間は減らされ、後方車両はその減少分を「減速」によって補わなければならない。車群内ではほとんどの車両が限界車頭時間の状態であるため、この車頭時間の不足が連鎖的に車両間を伝わる間に、ドライバーの反応時間の要素も加わって増幅し、「減速波」となって後方へ伝播することになる。

ボトルネックとなるサグの特徴は、走行抵抗の大きさもさることながら、ドライバーから見てその存在の認識が困難であったり、縦断曲線長が長すぎてアクセルを強く踏むポイントが明確でないなど、ドライバーの多くが無意識のうちに速度低下に陥る線形要素を備えていると考えられる。

次に、トンネルの場合では、一般にドライバーがトンネルへ進入しようとする際には、明かり部とは異なる閉塞空間に対する不安からアクセルを緩め、また、追従走行中に明かり部では維持可能であった短い車頭間隔が保てなくなり、より長い車頭間隔をとる傾向が見られる。この2つの行動特性によって車群の先頭部は速度低下を引き起こし、それは車群内でショックウェーブとなって後方へ増幅・伝播される。

多車線の高速道路におけるボトルネックの交通容量^{6)・8)}は以下の通りである。

ボトルネック付近から上流にかけて形成された極端に低速になった渋滞流は、ボトルネックを過ぎて下流へ進むにつれて徐々に速度を上げ、ついには自由流へと回復するが、この流れの速度プロファイルを描くと、あたかもこのボトルネックをスタート地点とするような流れ、すなわち発進交通流を形成する。渋滞後の交通容量（つまり渋滞後の捌け交通量）は、ボトルネックを先頭とする渋滞流から下流に向かう発進交通流のフローレートで決まる。この捌け交通量は、ボトルネックから加速する発進交通流の速度プロファイルの速度勾配によって決まると考えられる。

これまでに確認された本線ボトルネックにおいては、一般に 3,100[pcu/h/ 2 車線]程度の交通量がこの地点に到達すると減速波が発生するようになり、しばらくしてこれを先頭とする渋滞流が形成されると、そこからの流出率は 2,700[pcu/h/ 2 車線]程度になってしまう。これは HCM などに規定する基本交通量 4,000[pcu/h/ 2 車線]の 67.5%に当たり、また我が国の都市間高速道路の可能交通容量と考えられる 3,600[pcu/h/ 2 車線]と比較しても 75%に過ぎず、ボトルネックを抱える高速道路区間では交通容量の 25%が消失していることになる。

ボトルネックとなるサグとトンネルとでは後で述べるように渋滞発生機構の一部が異なるが、ボトルネックの形成に係わる要因は道路側のみにあるのではなく、走行するドライバーの利用の仕方に極めて強く依存している。一般に単路部では 3,600[pcu/h/ 2 車線]が実現するが、そのとき追越車線にはその 60%強に相当する 2,100 ~ 2,200[pcu/h/ 1 車線]が実現している。これは都市間高速道路において実現する最大の値に相当するが、これを通すことができない地点においては、その超過分が積み残されてしまい、その地点の上流側に待ち行列を成すことになる。そして、この超過車両の一部は、より低密度の走行車線へ進路を変えるために、ほとんど同時に走行車線をも渋滞流へと変えてしまう。すなわち、この地点がボトルネックということであるが、これまでの観測によると、ボトルネックでは渋滞発生前に追越車線で 1,850[pcu/h/ 1 車線]が限度であり、これに相当する 2 車線合計の交通容量が前述の 3,100[pcu/h/ 2 車線]ということになる。

ボトルネック現象はこのように追越車線から変状を来すものであり、一般単路部との差は追越車線において、ある一定の交通密度に耐えうるか否かの違いであると捉えることもできる。一般単路部では、通し得る高密度の流れがボトルネックに到達すれば、そこで通過可能な交通密度へと調整が行われ、それによって滞留車両が発生し渋滞に至る。したがってボトルネックを通過する際の追越車線上の交通量が 1,850[pcu/h/ 1 車線]以上とはならないように交通流を整形し、なおかつ 2 車線合わせて 3,600[pcu/h/ 2 車線]を通すことができれば、ボトルネックを顕在化させずに済むことになる。

一方、暫定 2 車線区間におけるボトルネック現象やボトルネック交通容量に関する調査・研究は、十分把握されているとは言えない状況にある。

筆者ら^{9)・10)}は、東海北陸自動車道の暫定 2 車線区間におけるボトルネック交通容量を車両感知器データを用いて算出し、4 車線高速道路のボトルネック交通容量と比較した結果、暫定 2 車線区間では、渋滞発生時交通量、渋滞発生後の捌け交通量がそれぞれ約 1,130 台/時と 990 台/時であり、ともに 4 車線区間のそれより約 3 割低下していることが分かった。これは、それぞれの道路を走る交通流の車群特性（車頭時間や車頭距離など）の違いによるものと考えられる。

また、筆者ら¹¹⁾⁻¹⁴⁾は、暫定2車線区間のボトルネック近傍の上流に付加車線を設けることにより、下流側のボトルネックでの渋滞軽減効果があり、ボトルネック交通容量の向上につながることを示唆した。さらに、暫定2車線区間の効果的な4車線化段階供用検討のために、潜在的ボトルネックと交通容量の推定方法や渋滞予測手法を提案した。

暫定2車線区間は、これまでの4車線高速道路と違い、山岳地域を横断する高速道路が殆どであるため、トンネルやサグの比率が非常に高く、例えば、渋滞が発生していなくても、交通需要が高くなれば、こういったボトルネックでの交通集中渋滞が増えると思われるので、このようなボトルネック現象や交通容量の解明とその渋滞対策の検討は、重要な課題である。

また、近年ではボトルネックでの渋滞発生と交通容量の確定的扱いの他に、交通渋滞の発生を確率論的な事象として捉えて渋滞発生の確率やボトルネック交通容量の確率論的定義に関する研究も現れている。Minderhoudら¹⁵⁾は道路交通容量の幾つかの推定方法を比較評価しており、その中に確率的な交通容量の推定方法も提案している。岡村ら⁸⁾、Lorenz や Elefteriadou ら¹⁶⁾⁻¹⁷⁾は、実測交通量データを用いてボトルネックにおける交通量ランク別の渋滞発生割合を求めているが、ある交通量レベルにおけるボトルネックでの渋滞発生確率については求めている。Brilonら¹⁸⁾はドイツのアウトバーンで観測された交通量データを用いて確率論的方法を用いてボトルネックにおける交通容量の確率分布を推定している。本研究では、Brilonらとほぼ同様の方法で暫定2車線高速道路のボトルネックにおける渋滞発生確率分布を推定し、今後の渋滞予測情報提供においての基礎データとする。

2-2 渋滞対策

高速道路のボトルネックでの渋滞対策として、供給面からはボトルネック交通容量の向上と需要面からはピーク時の交通需要の低減もしくは分散が考えられる。

前者の場合は、ボトルネック区間を含むIC間の車線数増加による交通容量の増加と、ボトルネック付近もしくは近傍に付加車線の設置による車線間利用率の均等化を狙った交通容量の若干の増加が挙げられる。また、動的渋滞情報の提供によりドライバーの走行挙動を活性化することで、ボトルネックからの発進交通流の回復速度を上げ、渋滞後の捌け交通量の向上を図るソフト的な方法も考えられる。後者の場合は、ピーク時の交通需要のシフト・低減を狙った出発時間の変更や経路変更による交通需要マネジメント(TDM)手法が挙げられる。

4車線以上の高速道路の渋滞対策としては、車線利用率の均等化を狙った付加車線の設置方策がある。この方策は、高速道路において一部実施事例があり、交通容量の改善効果も確認されている。また、ボトルネック付近での付加車線の設置位置や長さなど、付加車線設置のあり方についての研究もなされている¹⁹⁾⁻²²⁾。

これらの研究は、すべて4車線以上の高速道路を対象としており、付加車線の設置により車線利用率を均等化させ、渋滞発生を防ぐことを目的としたものである。しかし、高速道路の暫定2車線区間については、これまで交通流のサービスレベル(LOS)の低下抑制の観点から一定の間隔に設置されているが、渋滞軽減効果及び交通容量の観点からはあまり考慮されていない。

LED 標識板（車）を用いた動的渋滞情報の提供により、渋滞後の捌け交通量が最大で約 10% 程度増加することが、4 車線や 6 車線の高速道路では実証されている^{23)-24),31)-32)}。しかし、暫定 2 車線区間では同様な検証はなされていない。暫定 2 車線区間のボトルネック交通容量が 4 車線と比べて 3 割低いことや、追越挙動が制限されることから速度意識や加速挙動が 4 車線以上の区間より鈍化することを考えると、この手法により暫定 2 車線区間でも同等もしくはそれ以上の効果が期待できると思われる。

道路交通渋滞情報を提供し出発時間の変更や経路変更を促す交通需要マネジメント（TDM）手法は、これまで数多く提言され、一部ではフィールド実験も実施され、渋滞対策としての可能性が示唆されている。しかし、実際に実施に踏み切った事例は、まだ報告されていない。

第3章 暫定2車線区間のボトルネック現象と交通容量

3-1 ボトルネック現象

図 3-1-1 に東海北陸道の美濃～白鳥間（上り線）の平面・縦断線形図およびフローティング調査による非渋滞時の平均走行速度プロファイル、渋滞時の走行速度プロファイルを示す。

非渋滞時の平均走行速度プロファイルから、平山 TN 付近、亀尾島 TN 付近、苅安 TN 付近および古城山 TN 付近では、他の箇所より大きな速度低下が見られ、フローレーの高い大きな車群がこれらの箇所を通過する場合、渋滞に陥る可能性があることが伺える。また、渋滞時における第1回目の走行速度プロファイルでは、亀尾島 TN 付近と苅安 TN 付近のサグがボトルネックになっていると見受けられる。第2回目の走行速度プロファイルでは、下流側の苅安 TN 付近を先頭とする渋滞列が上流側に伸び、亀尾島 TN 付近を先頭とする渋滞を吸収していることが分かる。

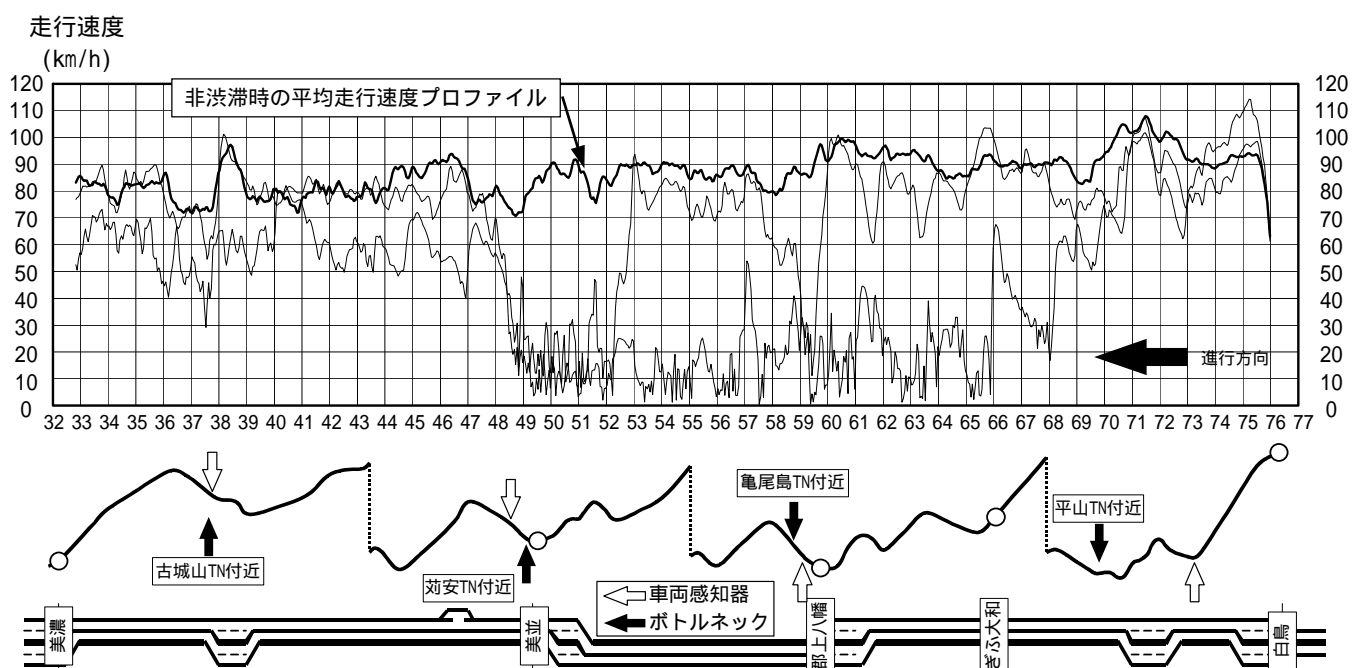
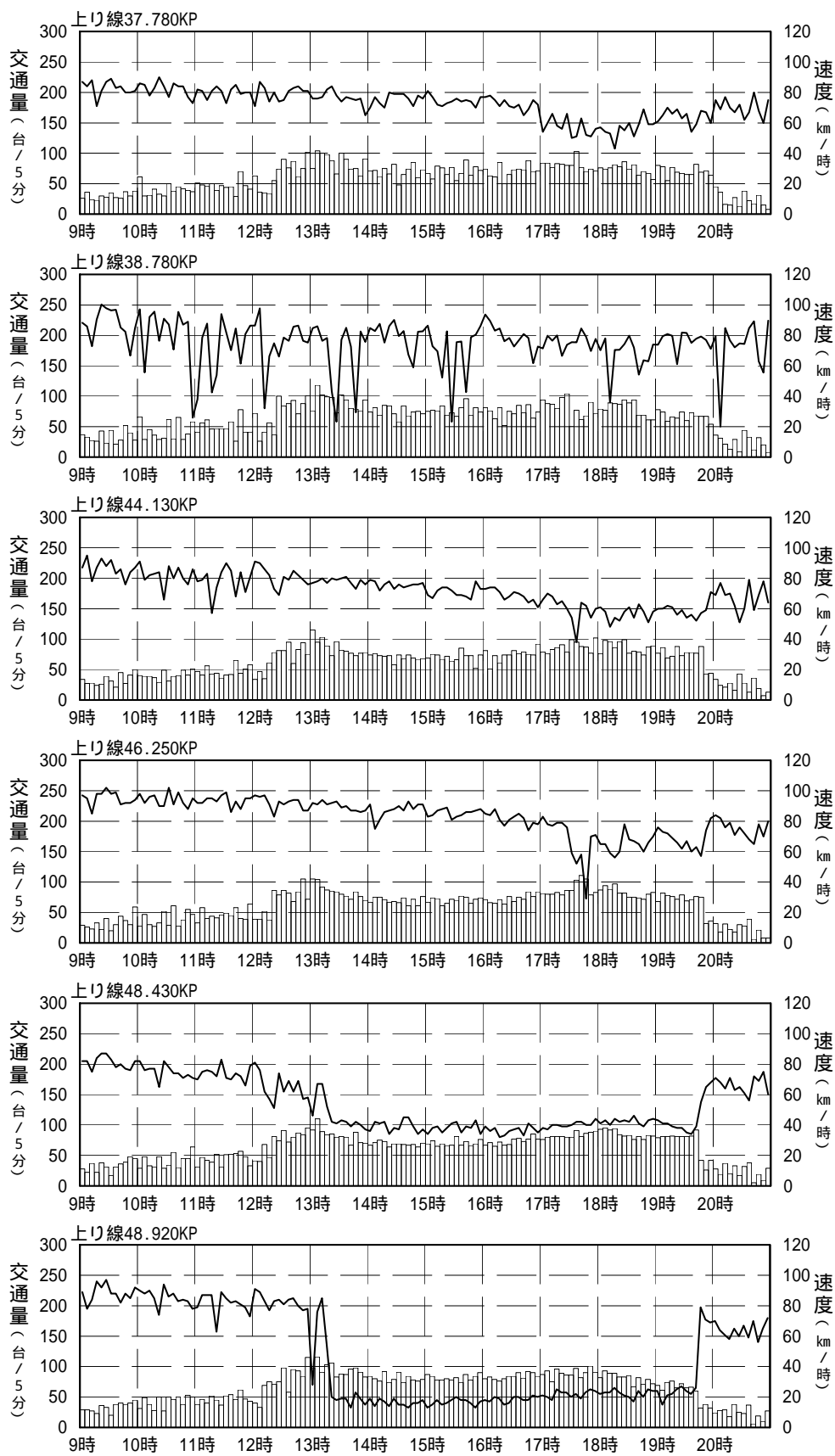


図 3-1-1 東海北陸道(上り線)の平面縦断線形図と渋滞非渋滞時の走行速度プロファイル

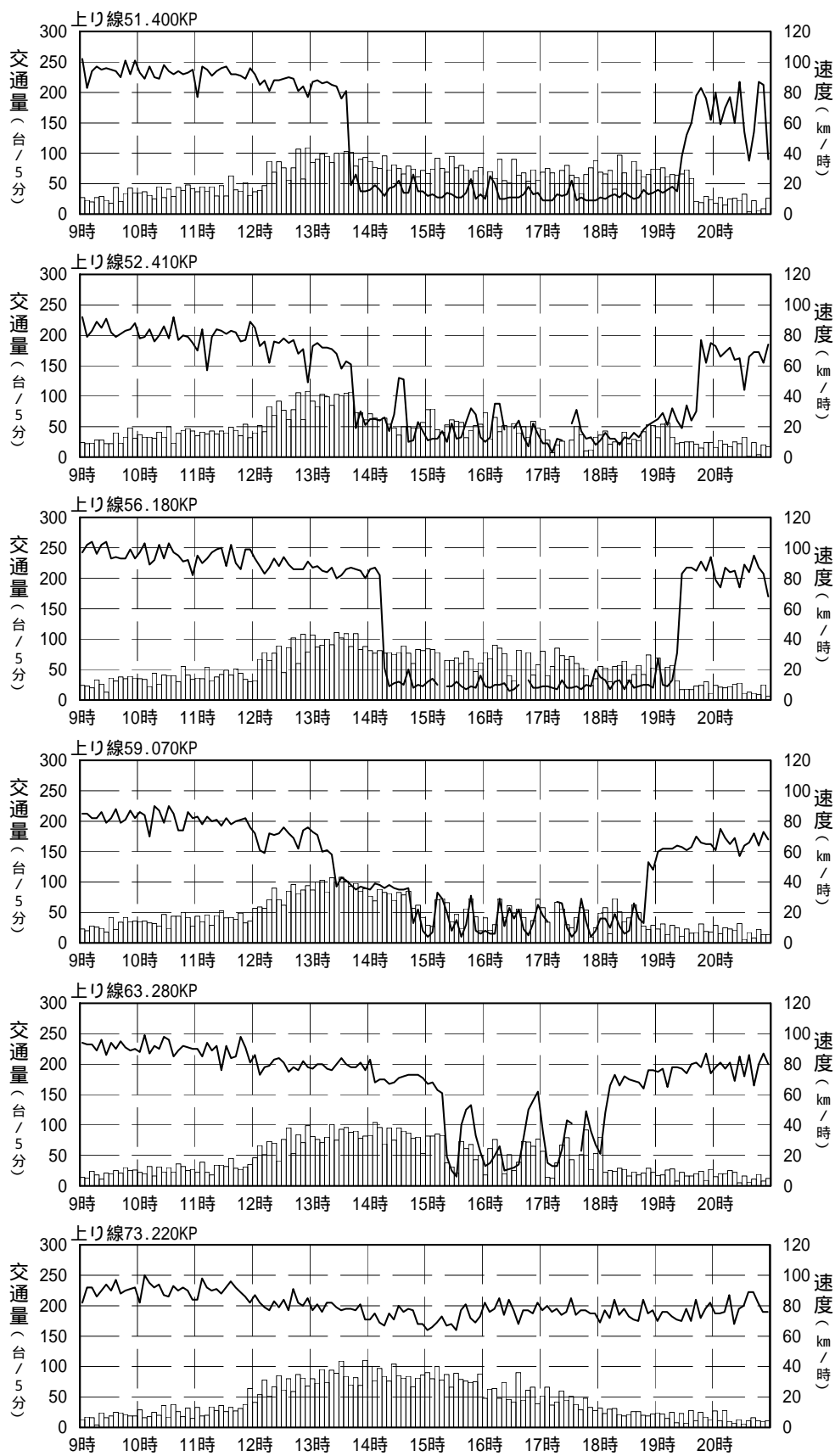
図 3-1-2 には、フローティング走行日における当該区間の車両感知器（ループ式と画像式）のデータを用いてプロットした各地点の5分間交通量・平均速度の時間変動図を示す。また、各車両感知器データによる Q-V 図を図 3-1-3 に示す。参考のために、車両感知器の位置と当該区間の縦断線形を併せて示す。

ボトルネックとなっている古城山 TN 付近、苅安 TN 付近、亀尾島 TN 付近の交通容量は、それぞれの箇所付近での車両感知器データを用いて求めることができる。各箇所での Q-V 図を図 3-1-4 に、その結果を表 3-1-1 に示す。



データ：平成16年2月22日（日曜日）、区間：東海北陸道（上り線）美濃～美並間

図 3-1-2(1) 東海北陸道(上り線)の車両感知器データによる交通量速度変動図



データ：平成16年2月22日（日曜日）、区間：東海北陸道（上り線）美並～白鳥間

図 3-1-2(2) 東海北陸道(上り線)の車両感知器データによる交通量速度変動図

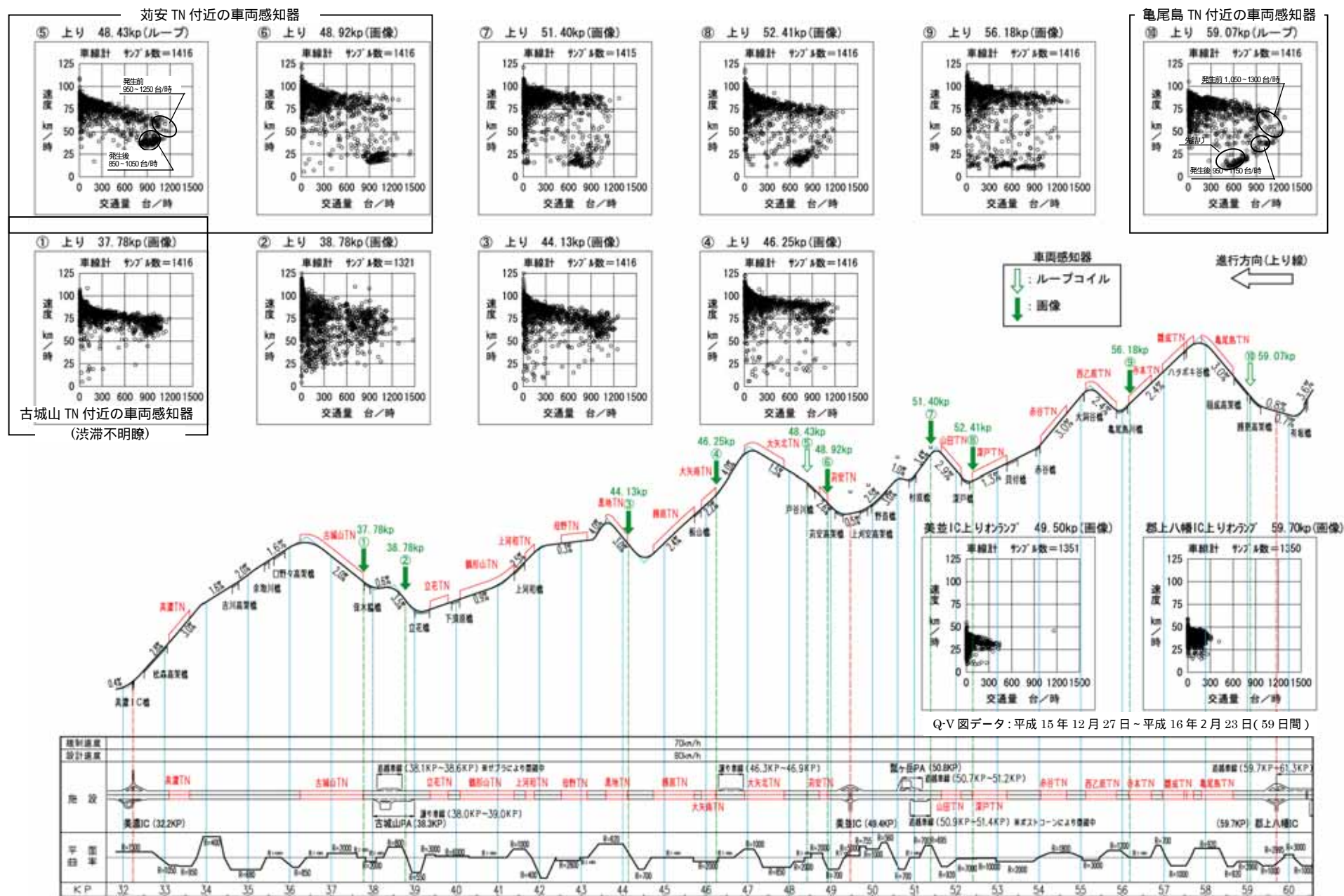


図 3-1-3(1) 東海北陸道(上り線)美濃 ~ 白鳥間 地点別 1 時間 Q-V 図

渋滞発生時交通量は 1,060～1,210 台/時、渋滞発生後の捌け交通量は 900～1,070 台/時程度となっている。

古城山 TN 付近 (37.78kp)
(データ：H16.1～H16.3)

苅安 TN 付近 (48.43kp)
(データ：H15.1～H15.12)

亀尾島 TN 付近 (59.07kp)
(データ：H15.1～H15.12)

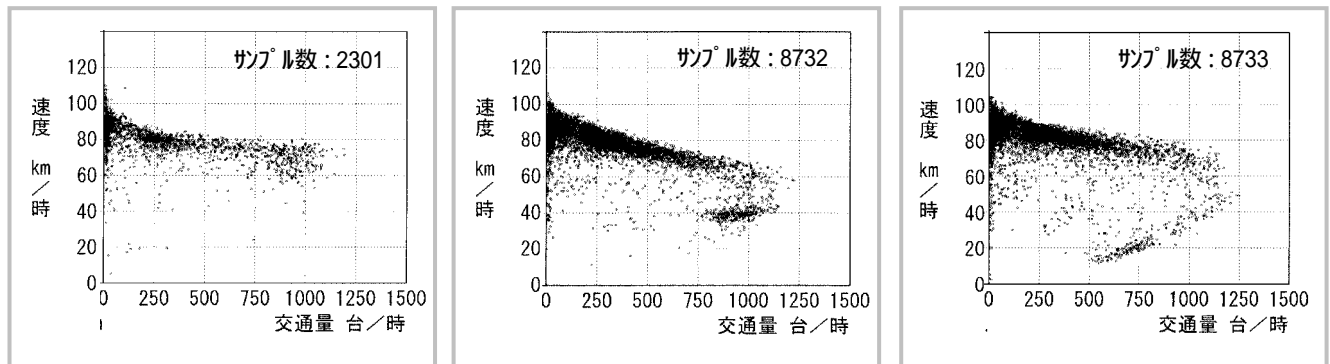


図 3-1-4 東海北陸道(上り線)のボトルネック付近の 1 時間 Q-V 図

表 3-1-1 東海北陸道(上り線)の暫定 2 車線区間ボトルネック交通容量

NO.	IC 区間	地点	平面線形 (m)	縦断線形 (%)	交通容量 (台/時)	
					渋滞発生 時	発生後捌け
1	美濃～美並 (上り)	古城山 TN 付近 (38KP 付近)	2,000 2,000 ↩ ↪	-0.6 +2.0 ↘ ↗	1,070	960
2		苅安 TN 付近 (49KP 付近)	700 620 ↩ ↪	-0.5 +2.6 ↘ ↗	1,060	900
3	美並～郡上八幡 (上り)	亀尾島 TN 付近 (59KP 付近)	700 2,000 ↩ ↪	+0.8 +3.0 ↗ ↗	1,210	1,070

3-2 ボトルネックの交通容量

(1) ボトルネックの選定

全国の高速道路の暫定2車線区間におけるボトルネックを16箇所選定した。選定結果を表3-2-1に示す。

分析対象ボトルネックの選定条件

- ・平成14～16年に交通集中渋滞が発生（渋滞統計データ）している。
- ・交通容量を分析するための車両感知器が、ボトルネックの直近上流（概ね3km以内）の同一IC区間に存在している。

表 3-2-1 暫定2車線区間ボトルネック交通容量の分析対象選定結果

道路名	上下	I C 区間	ボトルネック		渋滞要因	車両感知器		年平均日交通量			渋滞発生回数		
			名 称	測点		位置	位置関係	H14	H15	H16	H14	H15	H16
				(KP)				(kp)	(台/日)	(台/日)	(台/日)	(回)	(回)
磐越道	上	いわき三和 ～小野	27KP付近	27.0	サグ	27.56	B N 直近	4,929	4,819	4,826	5	6	3
		船引三春 ～郡山東	58KP付近	58.0	サグ	60.90	B N 上流側	5,392	5,260	5,253	5	4	0
	下	いわき三和 ～小野	渡戸TN	12.0	トンネル 上り坂	10.81	B N 上流側	4,816	4,704	4,702	5	2	3
上信越道	上	信州中野 ～豊田飯山	上今井TN付近	149.0	トンネル	146.77	B N 下流側 2車線区間	6,830	6,696	6,693	19	15	12
		中郷 ～上越高田	観音平TN付近	195.2	サグ トンネル	196.20	B N 上流側	4,615	4,596	4,655	14	4	10
	下	信州中野 ～豊田飯山	上今井TN付近	149.0	トンネル 上り坂	146.77	B N 上流側 2車線区間	6,962	6,814	6,826	15	20	12
東海 北陸道	上	美濃 ～美並	古城山TN付近	37.8	サグ トンネル	37.78	B N 直近	6,547	6,548	6,508	9	5	10
			黒地TN付近	44.1	サグ トンネル	44.13	B N 直近				-	-	-
			苅安TN付近	48.6	サグ トンネル	48.43	B N 直近				89	88	47
		美並 ～郡上八幡	亀尾島TN付近	58.7	サグ	59.07	B N 直近	5,904	5,855	5,815	38	28	28
		ぎふ大和 ～白鳥	平山TN付近	69.4	サグ トンネル	73.22	B N 上流側	4,273	4,246	4,175	14	3	0
		米子道	下	久世 ～湯原	摺鉢山TN付近	10.1	トンネル 上り坂	14.23	B N 下流側	4,882	4,803	4,803	14
九州道	上	人吉 ～えびの	加久藤TN付近	270.0	トンネル	271.00	B N 直近	7,416	7,353	7,326	13	15	11
	下	人吉 ～えびの	加久藤TN付近	265.0	トンネル	264.19	B N 直近	7,698	7,669	7,641	11	10	9
大分道	下	玖珠 ～九重	岩室TN付近	75.0	サグ	73.36	B N 上流側 2車線区間	6,381	6,292	6,282	2	4	6
合計	渋滞発生時交通量：サンプル数 13 （車両感知器の位置がB N 上下流側2車線区間である3箇所は除外） 渋滞発生後捌け交通量：サンプル数 16												

(2) 交通容量算定手順

1) 分析対象渋滞サンプルの抽出

交通容量を算出するにあたり、ボトルネックの直近上流に車両感知器が設置されている 8 箇所については、サンプル数を増やす目的で以下の方法により、分析対象渋滞サンプルを抽出した。

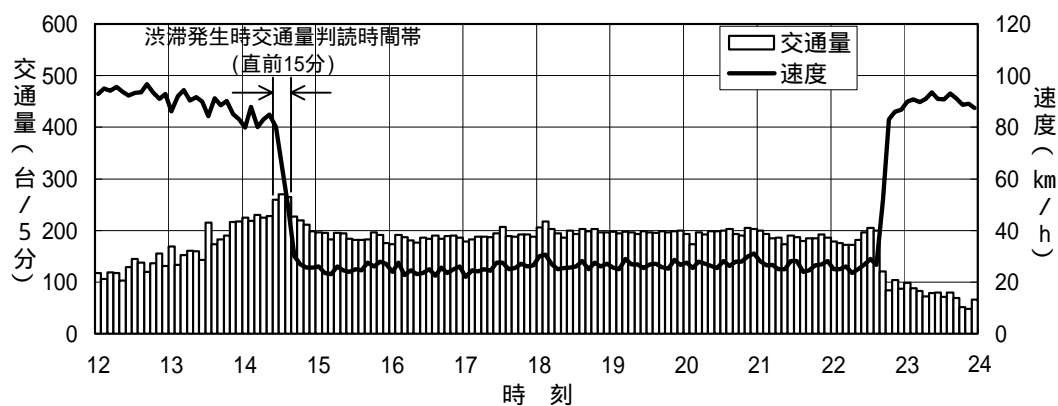
- 1) 車両感知器の 5 分間平均速度が 40km/h を下回る時間が発生した日の交通量速度変動図を作成
- 2) 渋滞発生直前 30 分間に欠測データが含まれる渋滞を除外
- 3) 下流側の車両感知器による交通量速度変動図を判読し、先詰まり渋滞を除外
- 4) 渋滞統計データより交通集中渋滞以外の渋滞(事故・工事渋滞等)を除外
- 5) 渋滞発生直前 15 分間の交通量がフローレートで概ね 500 台/時を下回る渋滞を除外

2) 交通容量算定方法

分析対象ボトルネックにおける渋滞発生時交通量と渋滞発生後捌け交通量を、平成 7 年～平成 10 年にかけて開催された(社)交通工学研究会の「高速道路の交通容量に関する調査委員会」⁶⁾(以下、「HCM 委員会」という)で定められた以下の手法に基づき算定した。

渋滞発生時交通量の求め方

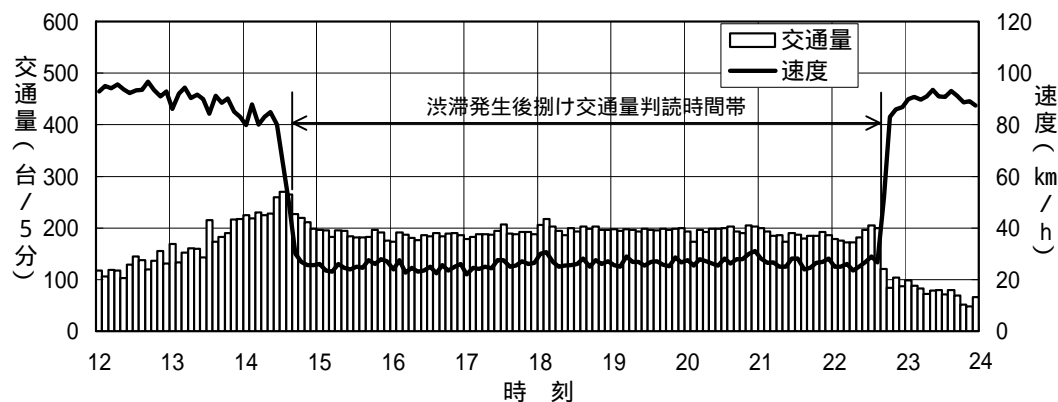
渋滞発生時交通量は、5 分間平均速度が 40 km/h 以下に低下した最初の 5 分間を除いたその直前 15 分間のフローレートをいう。



渋滞発生時交通量判読時間の説明図(中央道 上り 40.43kp(小仏 TN))

渋滞発生後捌け交通量の求め方

渋滞発生後捌け交通量は、渋滞(都市間高速道路ではおおむね 40km/h 以下)が発生した後、解消(速度上昇)するまでの全時間の平均フローレートとする。



渋滞発生後捌け交通量判読時間の説明図(中央道 上り 40.43kp(小仏 TN))

ただし、ボトルネック直近下流の車両感知器により分析を行っている 2 箇所〔上信越道(上)上今井 TN 付近・米子道(下)摺鉢山 TN〕については、車両感知器で渋滞を捉えることができない。そのため、渋滞発生時刻・渋滞時間については渋滞統計データに計上されているデータを用い、他のボトルネックと同様の手法により渋滞発生時交通量と渋滞発生後捌け交通量を算出した。

なお、分析にあたっては、分析時間帯を昼・夜・薄暮に区分し、各時間帯について算定した。時間帯の区分を表 3-2-2 に示す。

表 3-2-2(1) 分析に用いる月別昼夜薄暮時間帯の設定

	時間 区分	春 (4・5・6月)	夏 (7・8・9月)	秋 (10・11月)	冬 (1・2・3・12月)
磐越道_上 27.0kp 27.0kp	昼	6:00 ~ 17:30	6:00 ~ 17:00	7:00 ~ 16:00	7:30 ~ 16:00
	夜	19:30 ~ 4:00	19:30 ~ 4:00	17:30 ~ 5:00	18:30 ~ 5:00
	薄暮	4:00 ~ 6:00 17:30 ~ 19:30	4:00 ~ 6:00 17:00 ~ 19:30	5:00 ~ 7:00 16:00 ~ 17:30	5:00 ~ 7:30 16:00 ~ 18:30
磐越道_上 58.0kp 58.0kp	昼	6:00 ~ 17:30	6:00 ~ 17:00	7:00 ~ 16:00	7:30 ~ 16:00
	夜	19:30 ~ 4:00	19:30 ~ 4:00	17:30 ~ 5:00	18:30 ~ 5:00
	薄暮	4:00 ~ 6:00 17:30 ~ 19:30	4:00 ~ 6:00 17:00 ~ 19:30	5:00 ~ 7:00 16:00 ~ 17:30	5:00 ~ 7:30 16:00 ~ 18:30
磐越道_下 渡戸 T N 12.0kp	昼	6:00 ~ 17:30	6:00 ~ 17:00	7:00 ~ 16:00	7:30 ~ 16:00
	夜	19:30 ~ 4:00	19:30 ~ 4:00	17:30 ~ 5:00	18:30 ~ 5:00
	薄暮	4:00 ~ 6:00 17:30 ~ 19:30	4:00 ~ 6:00 17:00 ~ 19:30	5:00 ~ 7:00 16:00 ~ 17:30	5:00 ~ 7:30 16:00 ~ 18:30
上信越道_上 観音平 T N 195.9kp	昼	6:00 ~ 17:30	6:00 ~ 17:00	7:00 ~ 16:00	7:30 ~ 16:00
	夜	19:30 ~ 4:00	19:30 ~ 4:00	18:00 ~ 5:00	18:30 ~ 5:30
	薄暮	4:00 ~ 6:00 17:30 ~ 19:30	4:00 ~ 6:00 17:00 ~ 19:30	5:00 ~ 7:00 16:00 ~ 18:00	5:30 ~ 7:30 16:00 ~ 18:30
上信越道_上 上今井 T N 付近 149.0kp	昼	6:00 ~ 17:30	6:00 ~ 17:00	7:00 ~ 16:00	7:30 ~ 16:00
	夜	19:30 ~ 4:00	19:30 ~ 4:00	18:00 ~ 5:30	18:30 ~ 5:30
	薄暮	4:00 ~ 6:00 17:30 ~ 19:30	4:00 ~ 6:00 17:00 ~ 19:30	5:30 ~ 7:00 16:00 ~ 18:00	5:30 ~ 7:30 16:00 ~ 18:30
上信越道_下 上今井 T N 付近 149.0kp	昼	6:00 ~ 17:30	6:00 ~ 17:00	7:00 ~ 16:00	7:30 ~ 16:00
	夜	19:30 ~ 4:00	19:30 ~ 4:00	18:00 ~ 5:30	18:30 ~ 5:30
	薄暮	4:00 ~ 6:00 17:30 ~ 19:30	4:00 ~ 6:00 17:00 ~ 19:30	5:30 ~ 7:00 16:00 ~ 18:00	5:30 ~ 7:30 16:00 ~ 18:30
東海北陸道_上 苅安 T N 付近 48.6kp	昼	6:00 ~ 17:30	6:00 ~ 17:00	7:00 ~ 16:00	7:30 ~ 16:00
	夜	19:30 ~ 4:00	19:30 ~ 4:00	18:00 ~ 5:30	18:30 ~ 5:30
	薄暮	4:00 ~ 6:00 17:30 ~ 19:30	4:00 ~ 6:00 17:00 ~ 19:30	5:30 ~ 7:00 16:00 ~ 18:00	5:30 ~ 7:30 16:00 ~ 18:30
東海北陸道_上 亀尾島 T N 付近 58.7kp	昼	6:00 ~ 17:30	6:00 ~ 17:00	7:00 ~ 16:00	7:30 ~ 16:00
	夜	19:30 ~ 4:00	19:30 ~ 4:00	18:00 ~ 5:30	18:30 ~ 5:30
	薄暮	4:00 ~ 6:00 17:30 ~ 19:30	4:00 ~ 6:00 17:00 ~ 19:30	5:30 ~ 7:00 16:00 ~ 18:00	5:30 ~ 7:30 16:00 ~ 18:30
東海北陸道_上 平山 T N 付近 69.4kp	昼	6:00 ~ 17:30	6:00 ~ 17:00	7:00 ~ 16:00	7:30 ~ 16:00
	夜	19:30 ~ 4:00	19:30 ~ 4:00	18:00 ~ 5:30	18:30 ~ 5:30
	薄暮	4:00 ~ 6:00 17:30 ~ 19:30	4:00 ~ 6:00 17:00 ~ 19:30	5:30 ~ 7:00 16:00 ~ 18:00	5:30 ~ 7:30 16:00 ~ 18:30
東海北陸道_下 美濃 T N 付近 33.6kp	昼	6:00 ~ 17:30	6:00 ~ 17:00	7:00 ~ 16:00	7:30 ~ 16:00
	夜	19:30 ~ 4:00	19:30 ~ 4:00	18:00 ~ 5:30	18:30 ~ 5:30
	薄暮	4:00 ~ 6:00 17:30 ~ 19:30	4:00 ~ 6:00 17:00 ~ 19:30	5:30 ~ 7:00 16:00 ~ 18:00	5:30 ~ 7:30 16:00 ~ 18:30

注) 「理科年表」(H14.11 丸善株式会社)による日出入の前後30分間を薄暮とし、その間を昼・夜と設定した。

表 3-2-2(2) 分析に用いる月別昼夜薄暮時間帯の設定

	時間 区間	春 (4 ・ 5 ・ 6 月)	夏 (7 ・ 8 ・ 9 月)	秋 (10 ・ 11 月)	冬 (1 ・ 2 ・ 3 ・ 12 月)
東海北陸道_下 古城山 T N 付近 36.2kp	昼	6:00 ~ 17:30	6:00 ~ 17:00	7:00 ~ 16:00	7:30 ~ 16:00
	夜	19:30 ~ 4:00	19:30 ~ 4:00	18:00 ~ 5:30	18:30 ~ 5:30
	薄暮	4:00 ~ 6:00 17:30 ~ 19:30	4:00 ~ 6:00 17:00 ~ 19:30	5:30 ~ 7:00 16:00 ~ 18:00	5:30 ~ 7:30 16:00 ~ 18:30
東海北陸道_下 立花 T N 付近 39.5kp	昼	6:00 ~ 17:30	6:00 ~ 17:00	7:00 ~ 16:00	7:30 ~ 16:00
	夜	19:30 ~ 4:00	19:30 ~ 4:00	18:00 ~ 5:30	18:30 ~ 5:30
	薄暮	4:00 ~ 6:00 17:30 ~ 19:30	4:00 ~ 6:00 17:00 ~ 19:30	5:30 ~ 7:00 16:00 ~ 18:00	5:30 ~ 7:30 16:00 ~ 18:30
東海北陸道_下 鶴形山 T N 付近 41.0kp	昼	6:00 ~ 17:30	6:00 ~ 17:00	7:00 ~ 16:00	7:30 ~ 16:00
	夜	19:30 ~ 4:00	19:30 ~ 4:00	18:00 ~ 5:30	18:30 ~ 5:30
	薄暮	4:00 ~ 6:00 17:30 ~ 19:30	4:00 ~ 6:00 17:00 ~ 19:30	5:30 ~ 7:00 16:00 ~ 18:00	5:30 ~ 7:30 16:00 ~ 18:30
東海北陸道_下 勝原 T N 付近 45.0kp	昼	6:00 ~ 17:30	6:00 ~ 17:00	7:00 ~ 16:00	7:30 ~ 16:00
	夜	19:30 ~ 4:00	19:30 ~ 4:00	18:00 ~ 5:30	18:30 ~ 5:30
	薄暮	4:00 ~ 6:00 17:30 ~ 19:30	4:00 ~ 6:00 17:00 ~ 19:30	5:30 ~ 7:00 16:00 ~ 18:00	5:30 ~ 7:30 16:00 ~ 18:30
東海北陸道_下 赤谷 T N 付近 54.7kp	昼	6:00 ~ 17:30	6:00 ~ 17:00	7:00 ~ 16:00	7:30 ~ 16:00
	夜	19:30 ~ 4:00	19:30 ~ 4:00	18:00 ~ 5:30	18:30 ~ 5:30
	薄暮	4:00 ~ 6:00 17:30 ~ 19:30	4:00 ~ 6:00 17:00 ~ 19:30	5:30 ~ 7:00 16:00 ~ 18:00	5:30 ~ 7:30 16:00 ~ 18:30
米子道_下 摺鉢山 TN 10.1kp	昼	6:30 ~ 18:00	6:30 ~ 17:30	7:30 ~ 16:30	7:30 ~ 16:30
	夜	20:00 ~ 4:30	20:00 ~ 4:30	18:00 ~ 5:30	19:00 ~ 5:30
	薄暮	4:30 ~ 6:30 18:00 ~ 20:00	4:30 ~ 6:30 17:30 ~ 20:00	5:30 ~ 7:30 16:30 ~ 18:00	5:30 ~ 7:30 16:30 ~ 19:00
九州道_上 暫定 2 車区間 270.0kp	昼	6:30 ~ 18:00	6:30 ~ 17:30	7:30 ~ 16:30	8:00 ~ 17:00
	夜	20:00 ~ 4:30	20:00 ~ 5:00	18:30 ~ 5:30	19:00 ~ 6:00
	薄暮	4:30 ~ 6:30 18:00 ~ 20:00	5:00 ~ 6:30 17:30 ~ 20:00	5:30 ~ 7:30 16:30 ~ 18:30	6:00 ~ 8:00 17:00 ~ 19:00
九州道_下 暫定 2 車区間 265.0kp	昼	6:30 ~ 18:00	6:30 ~ 17:30	7:30 ~ 16:30	8:00 ~ 17:00
	夜	20:00 ~ 4:30	20:00 ~ 5:00	18:30 ~ 5:30	19:00 ~ 6:00
	薄暮	4:30 ~ 6:30 18:00 ~ 20:00	5:00 ~ 6:30 17:30 ~ 20:00	5:30 ~ 7:30 16:30 ~ 18:30	6:00 ~ 8:00 17:00 ~ 19:00
大分道_下 岩室 T N 付近 74.0kp	昼	6:30 ~ 18:00	6:30 ~ 17:30	7:30 ~ 16:30	8:00 ~ 17:00
	夜	20:00 ~ 4:30	20:00 ~ 5:00	18:30 ~ 5:30	19:00 ~ 6:00
	薄暮	4:30 ~ 6:30 18:00 ~ 20:00	5:00 ~ 6:30 17:30 ~ 20:00	5:30 ~ 7:30 16:30 ~ 18:30	6:00 ~ 8:00 17:00 ~ 19:00

注) 「理科年表」(H14.11 丸善株式会社)による日出入の前後30分間を薄暮とし、その間を昼・夜と設定した。

(3) 交通容量の算定結果

選定した分析対象ボトルネック 16 箇所について、平成 14～16 年渋滞統計データおよび車両感知器データから、表 3-2-3 のサンプルを抽出し、各ボトルネックの渋滞発生時交通量および渋滞発生後捌け交通量を算出した。

分析対象ボトルネックの交通容量算定結果を図 3-2-1、表 3-2-4 に示す。また、ボトルネック毎の交通容量の詳細結果を図 3-2-2～図 3-2-3 に示す。ボトルネックの交通容量が渋滞の発生時間帯により異なることから、各箇所の渋滞発生時交通量と渋滞発生後捌け交通量を昼間と薄暮、夜間別に算出した。また、各ボトルネック付近の道路構造も併せて示している。

表 3-2-3 分析対象ボトルネックのサンプル数

道路名	上下	IC 区間	ボトルネック		渋滞要因	車両感知器		渋滞発生回数			抽出したサンプル数		
			名称	測点		位置	位置関係	H14	H15	H16	H14	H15	H16
				KP		kp		回	回	回	回	回	回
磐越道	上	いわき三和～小野	27KP付近	27.0	サグ	27.56	B N 直近	5	6	3	0	5	0
		船引三春～郡山東	58KP付近	58.0	サグ	60.90	B N 上流側	5	4	0	0	3	1
	下	いわき三和～小野	渡戸TN	12.0	トンネル上り坂	10.81	B N 上流側	5	2	3	0	2	0
上信越道	上	信州中野～豊田飯山	上今井TN付近	149.0	トンネル	146.77	B N 下流側 2 車線区間	19	15	12	0	10	0
		中郷～上越高田	観音平TN付近	195.2	サグトンネル	196.20	B N 上流側	14	4	10	0	3	0
	下	信州中野～豊田飯山	上今井TN付近	149.0	トンネル上り坂	146.77	B N 上流側 2 車線区間	15	20	12	0	12	8
東海北陸道	上	美濃～美並	古城山TN付近	37.8	サグトンネル	37.78	B N 直近	9	5	10	0	0	10
			黒地TN付近	44.1	サグトンネル	44.13	B N 直近	-	-	-	0	0	7
			苅安TN付近 冬季	48.6	サグトンネル	48.43	B N 直近	89	88	47	0	31	0
			苅安TN付近	48.6	サグトンネル	48.43	B N 直近				0	31	0
	上	美並～郡上八幡	亀尾島TN付近	58.7	サグ	59.07	B N 直近	38	28	28	0	23	0
		ぎふ大和～白鳥	平山TN付近	69.4	サグトンネル	73.22	B N 上流側	14	3	0	11	0	0
米子道	下	久世～湯原	摺鉢山TN付近	10.1	トンネル上り坂	14.23	B N 下流側	14	14	6	0	12	0
九州道	上	人吉～えびの	加久藤TN付近	270.0	トンネル	271.00	B N 直近	13	15	11	0	8	8
	下	人吉～えびの	加久藤TN付近	265.0	トンネル	264.19	B N 直近	11	10	9	0	6	6
大分道	下	玖珠～九重	岩室TN付近	75.0	サグ	73.36	B N 上流側 2 車線区間	2	4	6	0	4	5

【 渋滞発生時交通量（15 分間フローレート）・渋滞発生後捌け交通量の範囲 】

- ・ 渋滞発生時交通量：1,020～1,260 台/時
- ・ 渋滞発生後捌け交通量：840～1,240 台/時

【 渋滞発生時交通量（15 分間フローレート）の平均値・最大・最小値 】

- ・ 平均値：約 1,140 台/時
- ・ 最大値：約 1,260 台/時（九州道(下) 加久藤(トンネル))
- ・ 最小値：約 1,020 台/時（磐越道(上) 27KP 付近(サグ))

【 渋滞発生後捌け交通量の平均値・最大・最小値 】

- ・ 平均値：約 950 台/時
- ・ 最大値：約 1,240 台/時（上信越(上) 上今井 TN 付近(トンネル))
- ・ 最小値：約 840 台/時（東海北陸道(上) 平山 TN 付近(TN))

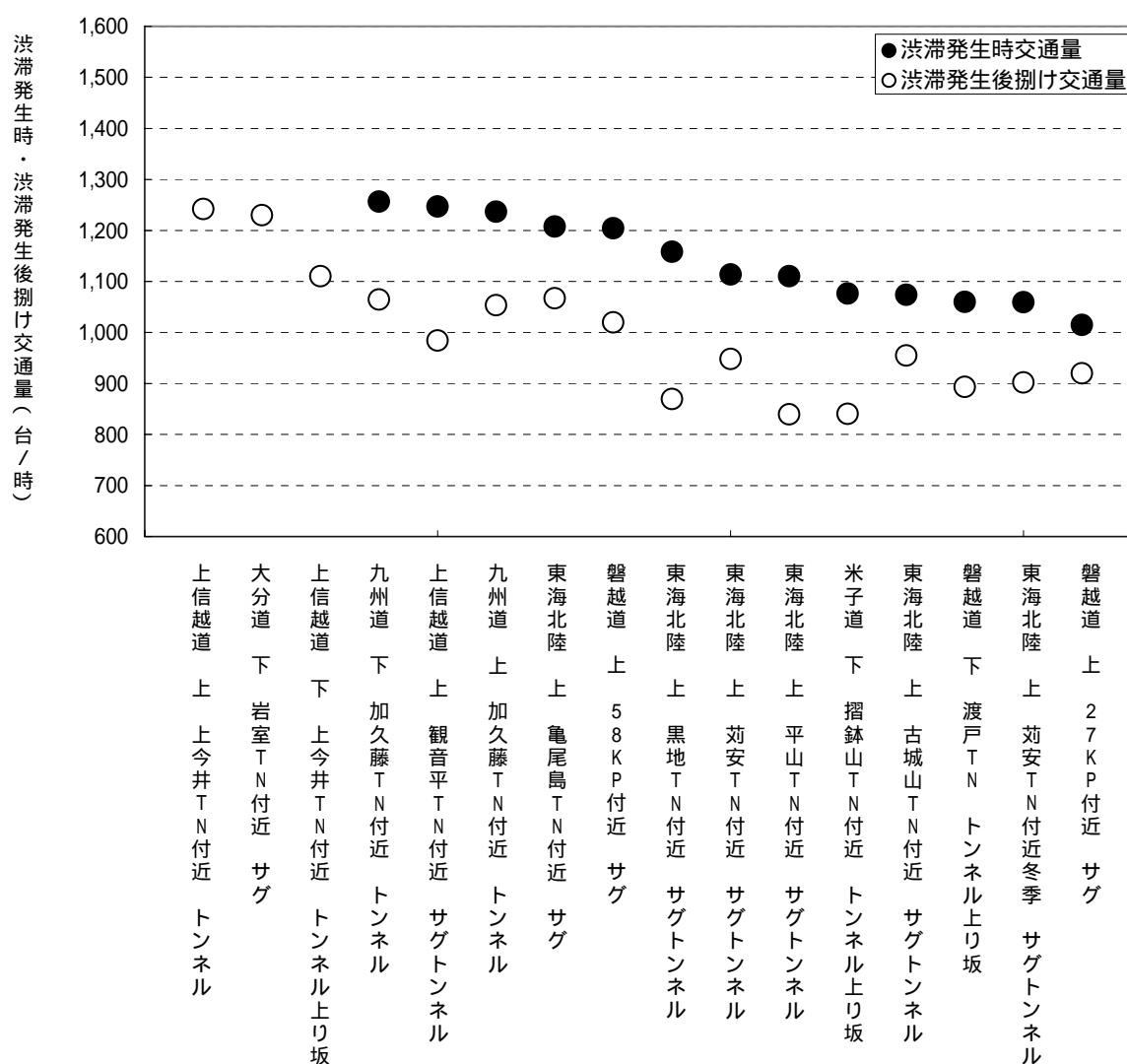


図 3-2-1 暫定 2 車線区間ボトルネック交通容量算定結果（ボトルネック毎の平均交通容量）

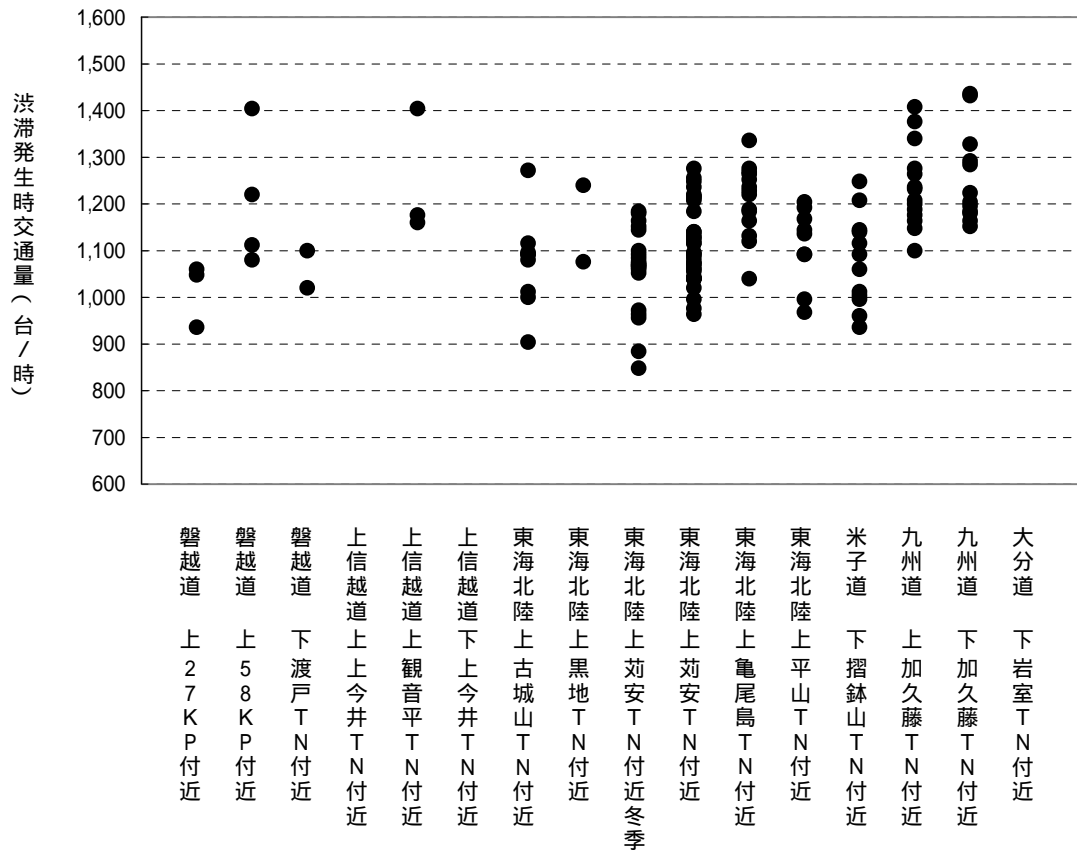


図 3-2-2(1) ボトルネック毎の渋滞発生時交通量算定結果（分布状況）

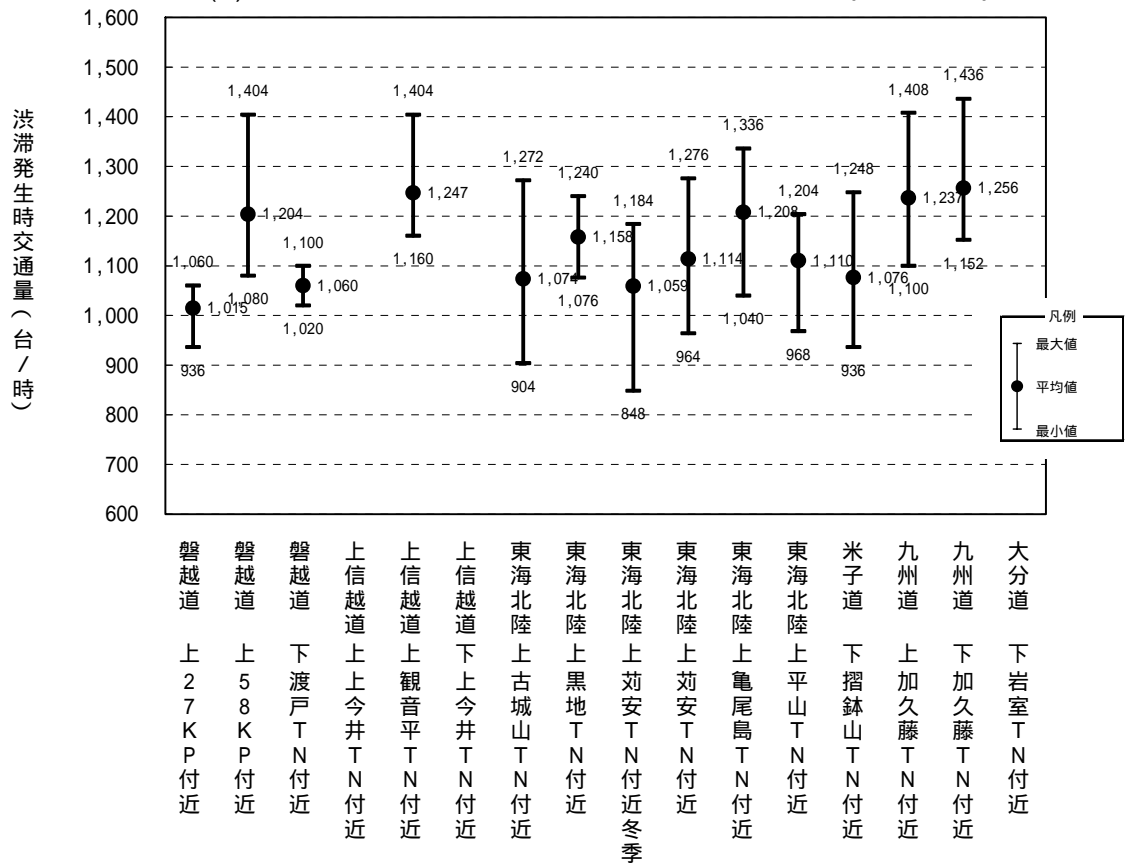


図 3-2-2(2) ボトルネック毎の渋滞発生時交通量算定結果（平均値・最大値・最小値）

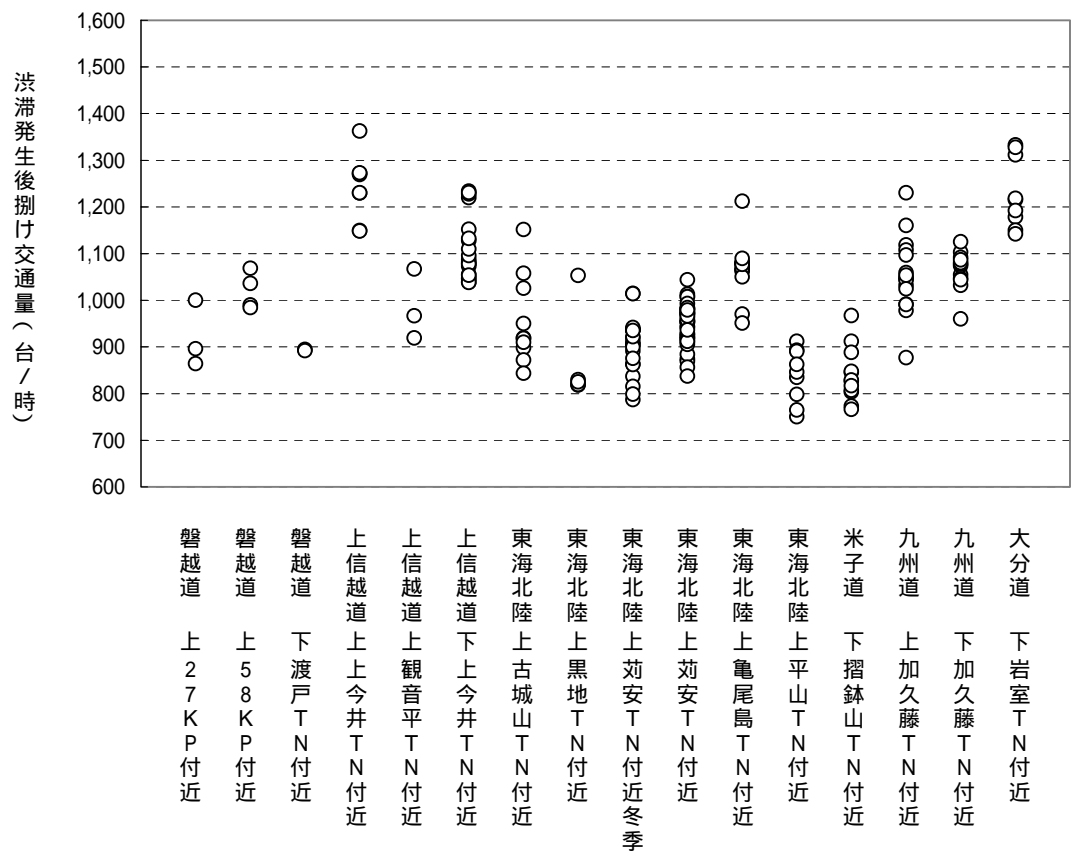


図 3-2-3(1) ボトルネック毎の渋滞発生後捌け交通量算定結果 (分布状況)

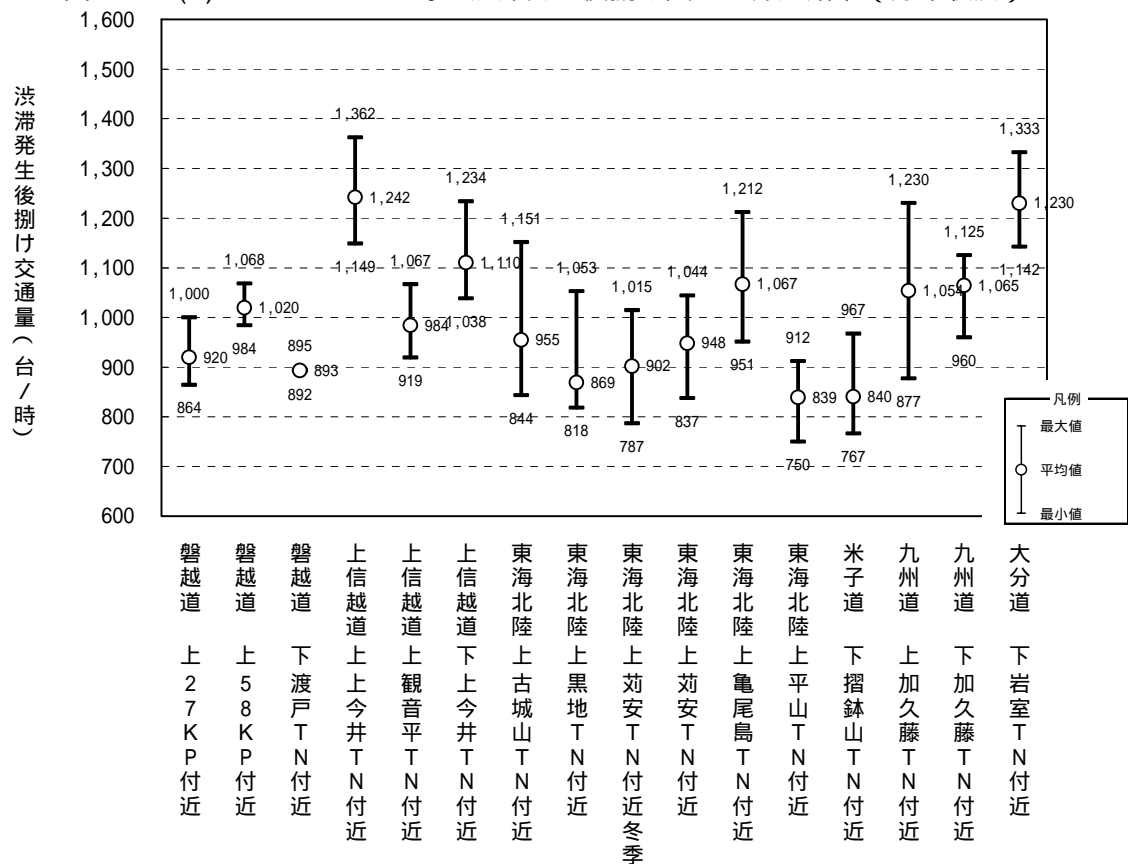


図 3-2-3(2) ボトルネック毎の渋滞発生後捌け交通量算定結果 (平均値・最大値・最小値)

表 3-2-4 暫定２車線区間ボトルネック交通容量算定結果

道路名	上下	ＩＣ区間	ボトルネック		渋滞要因	車両感知器		道路構造								サンプル数		昼間時交通容量				渋滞発生時交通量								渋滞発生後捌け交通量								渋滞流の状況	
								縦断線形						上流側車線適用				15分間フローレート								平均フローレート								渋滞流速 速度	渋滞流 密度				
			縦断勾配			縦断曲線		勾配区間長		上流側 単路区 間長	付加車 線長	渋滞発生時交通 量	渋滞発生後捌 け交通 量			渋滞発生時交通 量	渋滞発生後捌 け交通 量	区分なし		昼		夜		薄暮		区分なし		昼		夜		薄暮							
			上流側	下流側		勾配差	曲線半径	曲線長	上流側					下流側	交通量			大型車混入率	交通量	大型車混入率	交通量	大型車混入率	交通量	大型車混入率	交通量	大型車混入率	交通量	大型車混入率	交通量	大型車混入率	交通量	大型車混入率	交通量	大型車混入率	交通量	大型車混入率			
			名 称	測点		位置	位置関係	%	%	%	m	m	m	m	m	m	個	個	台/日	台/日	台/時	%	台/時	%	台/時	%	台/時	%	台/時	%	台/時	%	台/時	%	km/h	台/km			
磐越道	上	いわき三和 ～小野	27KP付近	27.0	サグ	27.56	ＢＮ直近	-2.8	4.0	6.8	5,900	400	780	1,680	7,400	2,000	3	3	1,015	920	1,070	2.8%	1,015	-	-	-	-	1,154	-	908	4.4%	920	-	866	-	891	-	25.1	36.3
		船引三春 ～郡山東	58KP付近	58.0	サグ	60.90	ＢＮ上流側	1.5	2.6	1.1	18,000	200	630	660	3,800	2,700	4	4	1,204	1,020	1,204	2.5%	1,204	2.6%	-	-	-	-	1,007	3.6%	1,020	3.0%	-	-	980	-	30.2	33.7	
	下	いわき三和 ～小野	渡戸TN	12.0	トンネル 上り坂	10.81	ＢＮ上流側	0.6	2.6	2.0	29,000	600	760	1,240	2,400	2,100	2	2	1,060	893	1,060	1.2%	1,060	-	-	-	-	-	893	1.8%	893	-	-	-	-	-	22.1	41.2	
上信越道	上	信州中野 ～豊田飯山	上今井TN付近	149.0	トンネル	146.77	ＢＮ下流側 2車線区間	-2.9	-	-	-	-	1,500	1,750	3,200	2,700	0	8	-	1,242	-	-	-	-	-	-	-	-	1,074	3.8%	1,242	-	756	-	1,125	-	93.4	11.5	
		中郷 ～上越高田	観音平TN付近	195.2	サグ トンネル	196.20	ＢＮ上流側	-3.0	1.4	4.4	9,100	400	610	1,360	1,320	3,030	3	3	1,247	984	1,247	2.7%	1,247	-	-	-	-	-	969	3.4%	984	-	-	-	915	-	22.0	44.1	
	下	信州中野 ～豊田飯山	上今井TN付近	149.0	トンネル 上り坂	146.77	ＢＮ上流側 2車線区間	1.1	2.9	1.8	10,700	200	190	1,750	1,900	11,500	0	20	-	1,110	-	-	-	-	-	-	-	-	1,111	4.2%	1,110	4.6%	-	-	1,124	-	12.9	94.7	
東海 北陸道	上	美濃 ～美並	古城山TN付近	37.8	サグ トンネル	37.78	ＢＮ直近	-0.6	2.0	2.6	19,000	500	500	1,610	200	1,000	9	10	1,074	955	1,047	7.4%	1,074	-	-	-	-	-	868	8.9%	955	-	249	-	886	-	31.4	30.5	
			黒地TN付近	44.1	サグ トンネル	44.13	ＢＮ直近	-2.4	3.0	5.4	9,000	490	860	890	6,800	500	2	5	1,158	869	1,158	4.7%	1,158	-	-	-	-	-	829	10.7%	869	-	-	-	825	-	26.5	32.0	
			加安TN付近 冬季	48.6	サグ トンネル	48.43	ＢＮ直近	-0.5	2.6	3.1	13,000	400	650	760	11,130	500	28	31	1,059	902	1,043	3.1%	1,059	-	-	-	1,003	4.1%	943	3.1%	902	3.2%	996	2.4%	902	3.8%	38.2	25.1	
			加安TN付近	48.6	サグ トンネル	48.43	ＢＮ直近	-0.5	2.6	3.1	13,000	400	650	760	2,300	500	31	31	1,114	948	1,100	3.4%	1,114	-	-	-	-	-	957	4.1%	948	4.0%	1,039	3.6%	918	4.3%	38.8	24.2	
		美並 ～郡上八幡	亀尾島TN付近	58.7	サグ	59.07	ＢＮ直近	0.8	3.0	2.2	13,000	300	950	1,390	1,800	800	14	15	1,208	1,067	1,221	3.0%	1,208	-	-	-	1,248	-	1,062	3.8%	1,067	-	1,020	-	1,055	-	37.1	28.7	
		ぎふ大和 ～白鳥	平山TN付近	69.4	サグ トンネル	73.22	ＢＮ上流側	-0.4	1.7	2.1	9,500	200	530	1,550	1,200	500	9	9	1,110	839	1,099	2.8%	1,110	-	-	-	1,050	-	816	3.8%	839	-	991	-	808	-	20.0	41.1	
米子道	下	久世 ～湯原	摺鉢山TN付近	10.1	トンネル 上り坂	14.23	ＢＮ下流側	2.3	-	-	-	-	2,000	5,090	3,100	500	12	12	1,076	840	1,076	4.0%	1,076	-	-	-	-	-	840	3.6%	840	-	-	-	-	-	64.6	13.0	
九州道	上	人吉 ～えびの	加久藤TN付近	270.0	トンネル	271.00	ＢＮ直近	4.0	0.5	3.5	11,000	400	2,110	2,670	1,600	4,700	14	16	1,237	1,054	1,233	3.8%	1,237	3.6%	-	-	-	1,184	-	1,051	4.4%	1,054	4.6%	895	3.7%	1,042	4.5%	28.9	38.5
	下	人吉 ～えびの	加久藤TN付近	265.0	トンネル	264.19	ＢＮ直近	3.9	1.0	2.9	13,800	400	800	3,600	2,200	48,000	12	12	1,256	1,065	1,256	4.8%	1,256	4.1%	-	-	-	-	-	1,065	5.2%	1,065	4.3%	1,087	9.1%	1,068	5.4%	28.1	38.4
大分道	下	玖珠 ～九重	岩室TN付近	75.0	サグ	73.36	ＢＮ上流側 2車線区間	0.9	1.6	0.7	40,000	300	500	970	1,300	1,000	0	9	-	1,230	-	-	-	-	-	-	-	-	1,230	13.1%	1,230	13.3%	-	-	-	-	12.9	102.5	
		渋滞発生時交通量：サンプル数 13 （車両感知器の位置がＢＮ上下流側2車線区間である3箇所は、サンプルから除外） 渋滞発生後捌け交通量：サンプル数 16															143	190																					

3-3 ボトルネックの道路構造


前述の分析対象ボトルネックの交通容量と道路構造との関係进行分析するため、ボトルネックの渋滞要因別の交通容量を示す。

3-3-1 ボトルネックの渋滞要因内訳

前節で交通容量を算定した分析対象ボトルネックの渋滞要因内訳を表 3-3-1 に示す。

- ・ 暫定 2 車線区間の対象ボトルネック 16 箇所のうち、トンネルがボトルネックとなっているのは 12 箇所(75%)、明かり部のサグや上り坂がボトルネックとなっているのは 4 箇所（約 25%）である。
- ・ 全体の 3/4 のボトルネックがトンネル部で発生しているのは、殆どの暫定 2 車線区間は山岳地域を通る横断的高速道路であり、トンネルや高架橋構造の比率が多く、明かり部でも縦断線形が非常に厳しく、サグが多くならざるを得ない。
- ・ 今後、暫定 2 車線高速道路が増加するにつれ、このようなボトルネックがさらに増えると思われる。但し、ここでは、トンネルがボトルネックとなっている箇所でも、トンネルが原因で渋滞発生していると言うよりは、むしろトンネルとサグが複合的な影響を与えていると考えられるが、ここでは、便宜的にトンネルに分類している。

表 3-3-1 渋滞要因別のボトルネック渋滞要因内訳

渋滞要因	渋滞要因箇所数	
トンネル	3	 トンネル部 12
トンネル・上り坂	3	
トンネル・サグ	6	
サグ	4	明かり部 4
合計	16	16

3-3-2 ボトルネックの渋滞要因別の交通容量

(1) 渋滞発生時交通量

ボトルネックの渋滞要因別に渋滞発生時交通量を整理し、図 3-3-1 と表 3-3-2 に示す。

- ・ トンネルのみが渋滞要因であるボトルネックの渋滞発生時交通量は、平均約 1,250 台/時となっている。
- ・ トンネルと上り坂が渋滞要因であるボトルネックの渋滞発生時交通量は、約 1,070 台/時となっており、トンネルのみが渋滞要因となっていたときと比べ、低い値となっている。
- ・ トンネルとサグが渋滞要因であるボトルネックの渋滞発生時交通量は、約 1,250～1,060 台/時に分布しており、平均で約 1,130 台/時となっている。
- ・ サグのみが渋滞要因であるボトルネックの渋滞発生時交通量は、約 1,210～1,020 台/時に分布しており、平均で約 1,140 台/時となっており、ややばらつきがみられる。

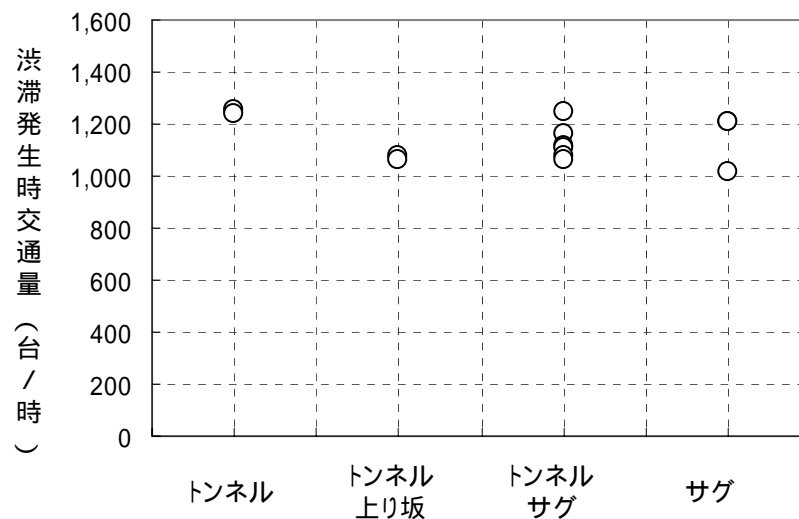


図 3-3-1 暫定 2 車線区間ボトルネックの渋滞要因別渋滞発生時交通量

表 3-3-2 暫定 2 車線区間ボトルネックの渋滞要因別渋滞発生時交通量

渋滞要因	渋滞発生時交通量 (台/時)			
	サンプル数	最大値	最小値	平均値
トンネル	2	1,256	1,237	1,247
トンネル・上り坂	2	1,076	1,060	1,068
トンネル・サグ	6	1,247	1,059	1,127
サグ	3	1,208	1,015	1,142

(2) 渋滞発生後捌け交通量

ボトルネックの渋滞要因別に渋滞発生後捌け交通量を整理し、図 3-3-2、表 3-3-3 に示す。

- ・ トンネルのみが渋滞要因であるボトルネックの渋滞発生後捌け交通量は、約 1,240～1,050 台/時に分布しており、約 1,120 台/時となっている。
- ・ トンネルと上り坂が渋滞要因であるボトルネックの渋滞発生後捌け交通量は、約 1,110～840 台/時に分布しており、約 950 台/時となっており、トンネルのみが渋滞要因となっているときと比べ、低い値となっている。
- ・ トンネルとサグが渋滞要因であるボトルネックの渋滞発生後捌け交通量は、約 980～840 台/時に分布しており、平均で約 920 台/時となっており、トンネルのみが渋滞要因となっているときと比べ、低い値となっている。
- ・ サグのみが渋滞要因であるボトルネックの渋滞発生後捌け交通量は、約 1,230～920 台/時に分布しており、平均で約 1,060 台/時となっている。

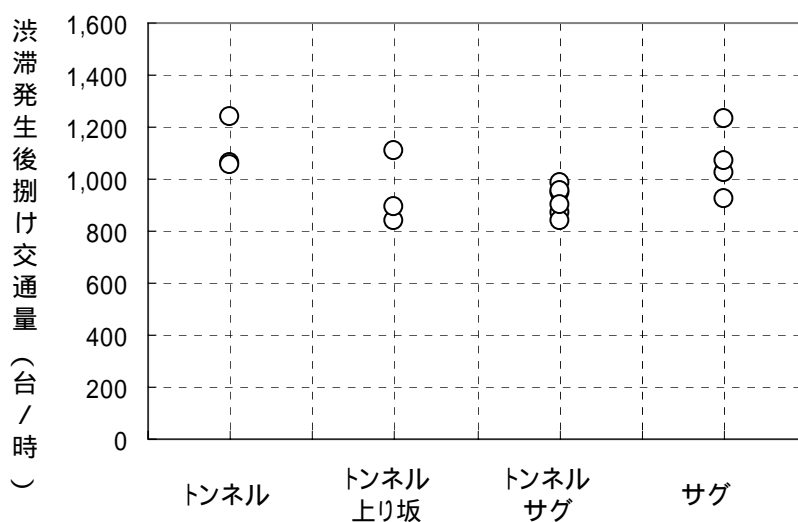


図 3-3-2 暫定 2 車線区間ボトルネックの渋滞要因別渋滞発生後捌け交通量

表 3-3-3 暫定 2 車線区間ボトルネックの渋滞要因別渋滞発生後捌け交通量

渋滞要因	渋滞発生後捌け交通量 (台/時)			
	サンプル数	最大値	最小値	平均値
トンネル	3	1,242	1,054	1,120
トンネル・上り坂	3	1,110	840	948
トンネル・サグ	6	984	839	918
サグ	4	1,230	920	1,059

(3) 渋滞発生時交通量から渋滞発生後捌け交通量への交通容量低下量

ボトルネックの渋滞要因により、渋滞発生時交通量から渋滞発生後捌け交通量への交通容量低下量に違いが見られる。そこで、渋滞要因別に、渋滞発生時交通量から渋滞発生後捌け交通量への低下量を比較し、図 3-3-3 と表 3-3-4 に示す。

- ・ トンネルが渋滞要因であるボトルネックの交通容量低下量は、平均約 190 台/時となっている。
- ・ トンネルと上り坂が渋滞要因であるボトルネックの交通容量低下量は、平均約 200 台/時となっている。
- ・ トンネルとサグが渋滞要因であるボトルネックの交通容量低下量は、約 290～120 台/時に分布しており、平均で約 210 台/時となっており、トンネルのみが渋滞要因となっている場合と比べ、低下量が大きくなっている。
- ・ サグのみが渋滞要因であるボトルネックの交通容量低下量は、平均約 140 台/時となっており、トンネルが渋滞要因に含まれる場合に比べ、低下量が小さくなっている。

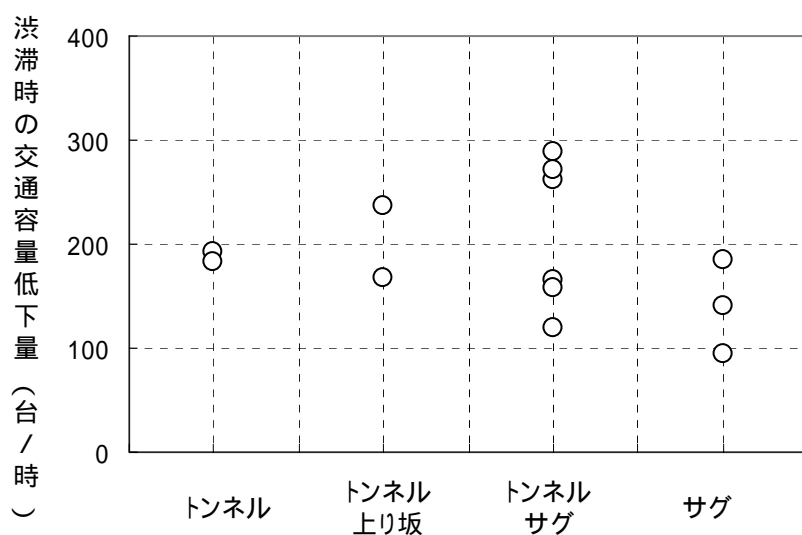


図 3-3-3 暫定 2 車線区間ボトルネックの渋滞発生後の交通容量低下量

表 3-3-4 暫定 2 車線区間ボトルネックの渋滞発生後の交通容量低下量

渋滞要因	交通容量 (台/時)		交通容量の低下量 (台/時)		
	渋滞発生時	渋滞発生後	最大差	最小差	平均差
トンネル	1,247	1,120	192	183	187
トンネル・上り坂	1,068	948	236	167	202
トンネル・サグ	1,127	918	289	119	211
サグ	1,142	1,059	184	95	140

3-4 暫定2車線区間と4車線区間との比較

3-4-1 交通容量

図 3-4-1 と表 3-4-1 に、全国の暫定2車線区間ボトルネックの平均交通容量と、通常の4車線区間ボトルネックにおける平均交通容量の比較を示す。

通常の4車線区間の渋滞は、交通量の追越車線への偏り（約6割強）により追越車線が先に渋滞し、その後、追越車線の一部の車両が走行車線へ車線変更することで、走行車線もほぼ同時に渋滞になってしまう。また、一旦渋滞が発生すると、渋滞発生後の交通量が渋滞列からの捌け交通量で決まり、その値が渋滞発生前の交通量よりかなり低下することが知られている。

4車線区間の渋滞発生時交通量は2車線合計で約3,150台/時で、車線別に見ると走行車線で約1,280台/時、追越車線では1,860台/時となっている。渋滞発生後の捌け交通量は2車線合計で約2,780台/時で、走行車線は約1,300台/時、追越車線では1,480台/時となっている。

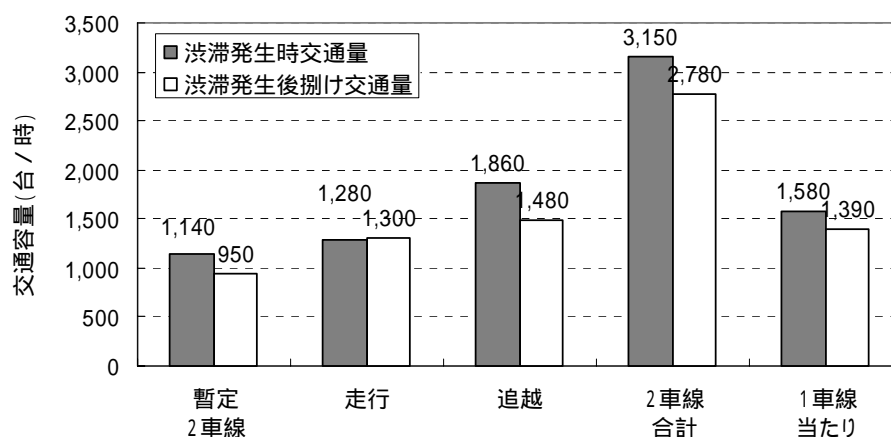


図 3-4-1 暫定2車線区間と4車線区間のボトルネック交通容量の比較

表 3-4-1 暫定2車線区間と4車線区間のボトルネック交通容量の比較

(単位：台/時)

区間	車線	渋滞発生時交通量	渋滞発生後捌け交通量	低下割合
暫定2車線区間	走行	1,140	950	-17%
4車線区間 ⁶⁾	走行	1,280	1,300	1%
	追越	1,860	1,480	-20%
	2車線合計	3,150	2,780	-12%
	1車線当たり	1,580	1,390	-12%

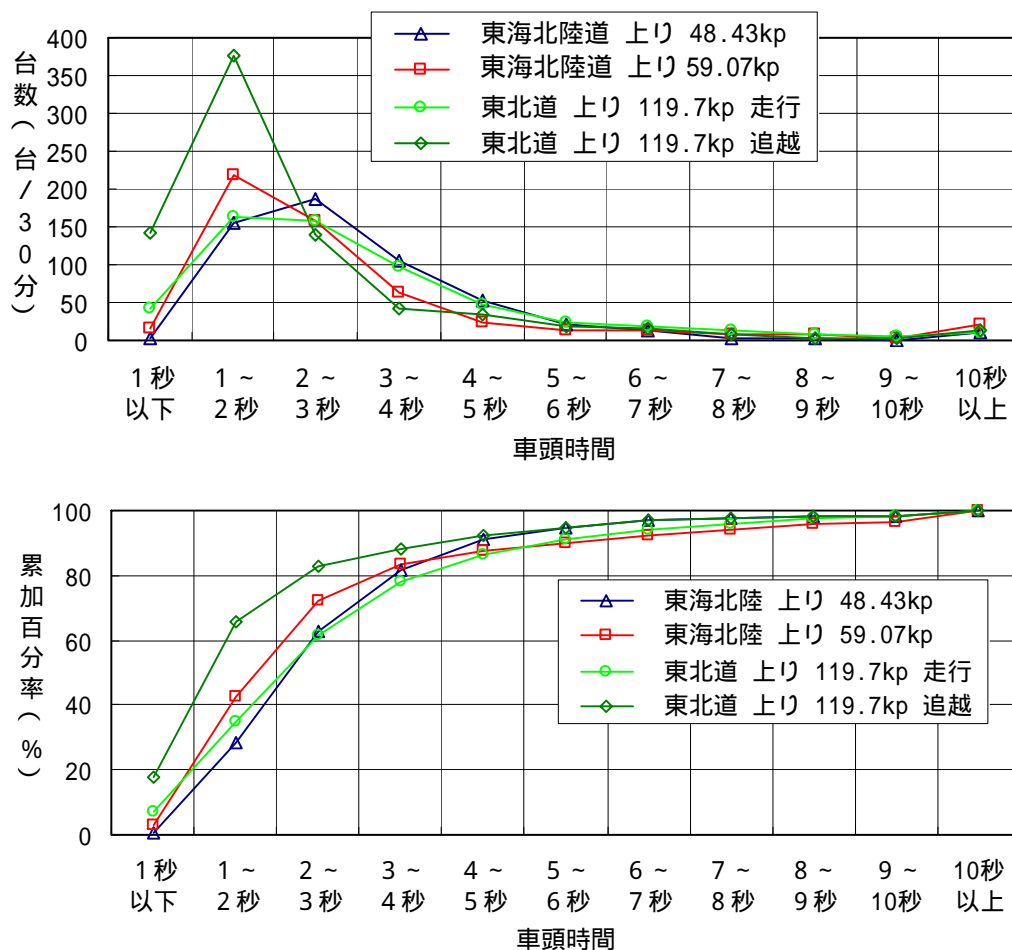
暫定2車線区間では、渋滞発生時の交通量は平均で約1,140台/時、4車線区間の1車線当たりより約30%低く、車線別に見ると、4車線区間の走行車線より約10%、追越車線より約40%低くなっている。また、渋滞発生後捌け交通量は、平均で約950台/時で、4車線区間の1車線当たりより約30%低く、車線別では、4車線区間の走行車線より約30%、追越車線より約40%低くなっている。

3-4-2 交通流特性

暫定2車線区間では、渋滞発生時交通量、渋滞発生後捌け交通量ともに、4車線区間のそれより約3割低下していることが分かる。これは、それぞれの道路を走る交通流の車群特性（車頭時間や車頭距離など）の違いによるものと考えられる。図3-4-2は、東海北陸道 上り線 48.43kp（荻安TN付近）・59.07kp（亀尾島TN付近）と東北道 上り線 119.7kp（矢板IC下流）のボトルネックの走行・追越車線別における渋滞発生直前30分間交通流の車頭分布の比較を示すものである。

これより、暫定2車線区間における渋滞発生直前の車頭時間分布は4車線区間の走行車線に似ているが、4車線区間の追越車線における車群の車頭時間が短く、車間を詰めて走行していることが分かる。

渋滞前30分間の車頭時間分布の比較

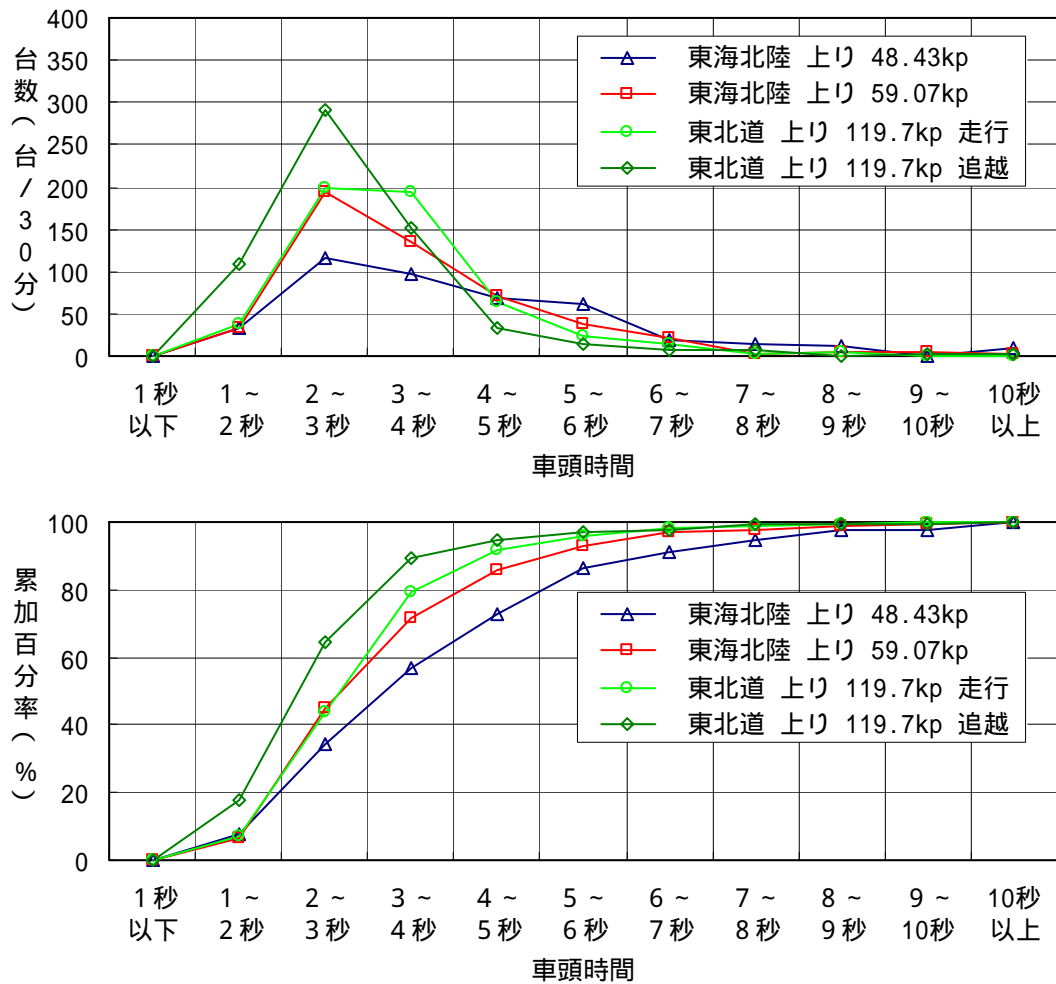


平均車頭時間 (秒)注)
 3.3(2.6) 3.1(2.4)
 3.3(2.2) 2.3(1.8)

注) 5秒以内のサンプルのみを対象とした車頭時間。

図 3-4-2(1) 渋滞発生前 30 分間交通流の車頭時間分布の比較

渋滞後 30 分間の車頭時間分布の比較



平均車頭時間 (秒)注)
 4.1(3.2) 3.3(3.0)
 3.6(3.1) 2.9(2.6)

注) 5秒以内のサンプルのみを対象とした車頭時間。

図 3-4-2(2) 渋滞発生後 30 分間交通流の車頭時間分布の比較

3-5 暫定2車線区間における付加車線設置によるボトルネック交通容量の向上

ここでは、暫定2車線区間の付加車線設置の考え方を整理し、ボトルネック部に付加車線が設置されることが最も渋滞軽減効果があるが、ボトルネック上流側に付加車線を設置した場合においても渋滞軽減効果が期待できること、ボトルネック上流側の付加車線がボトルネック交通容量に与える影響について述べる。

3-5-1 暫定2車線区間の付加車線設置の考え方

(1) 付加車線設置の目的と考え方

暫定2車線道路の付加車線設置基準（日本道路公団 設計要領第4集）²⁵⁾は、以下に示すとおりである。

暫定二車線道路では、適切な走行速度を確保し、サービス水準を高めるための付加車線を設置するものとする。
付加車線は、地形、道路構造、連絡等施設の配置等を考慮のうえ適正な設置間隔となるよう計画するものとする。
付加車線の設置間隔は6～10km、設置延長は0.5～1.5kmを標準とし、できるだけ等間隔に設置することが望ましい。

本来、高規格幹線道路は、運転者の希望する速度で安全かつ快適に走行することが望ましい。一方2車線以上が確保された高規格幹線道路であれば、希望する走行速度に違いがあっても、ある交通量レベルまでは運転者の運転資質、車両の出力に応じ追越車線を利用し追越しを行うことにより、希望する速度が確保できる。

また、一般道路の一方1車線（対向2車線）道路では、こうした希望速度の異なる車両に希望速度を確保させる方法としては、十分な対向車との間隔を見きわめるのに必要な視距を確保し、この視距が確保された区間で対向車線を利用し追越しを行わせる方法が一般的である。

しかし、既存の高速道路における暫定2車線の供用区間の実態からすると、交通安全対策として対向車線を利用した追越しの禁止措置が採用され、今後ともこの方針が適用されと考えられる。

この結果、自由走行の機会を失い、車群を構成する比率が高くなり、走行速度低下の原因となっている。そのため、暫定2車線道路については、一定の範囲で追越し機会を与えるために付加車線を設置している。

(2) 付加車線の設置・運用方式

暫定2車線道路における付加車線の設置方法として、付加車線を設置する側を片側2車線の完成施工とし、外側を走行車線、内側を追越車線として利用する追越車線方式（図3-5-1）と付加車線を2車線の外側へ設置し、低速車または低速希望車の専用車線として利用し、内側を走行車線に利用する登坂（避譲）車線方式（図3-5-1）の2つに大別できる。これらの設置方法についての特徴は表3-5-1のとおりである。

また、付加車線方式には、前記の他に「追越車線方式」と「登坂車線方式」を組み合わせた『車線切替方式』（図3-5-1）がある。

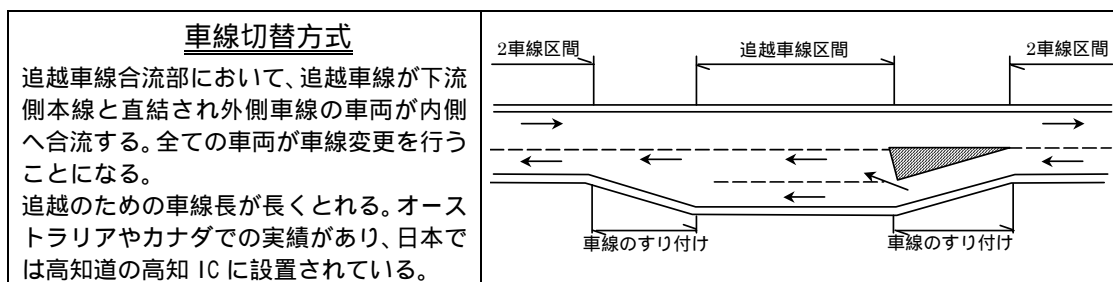
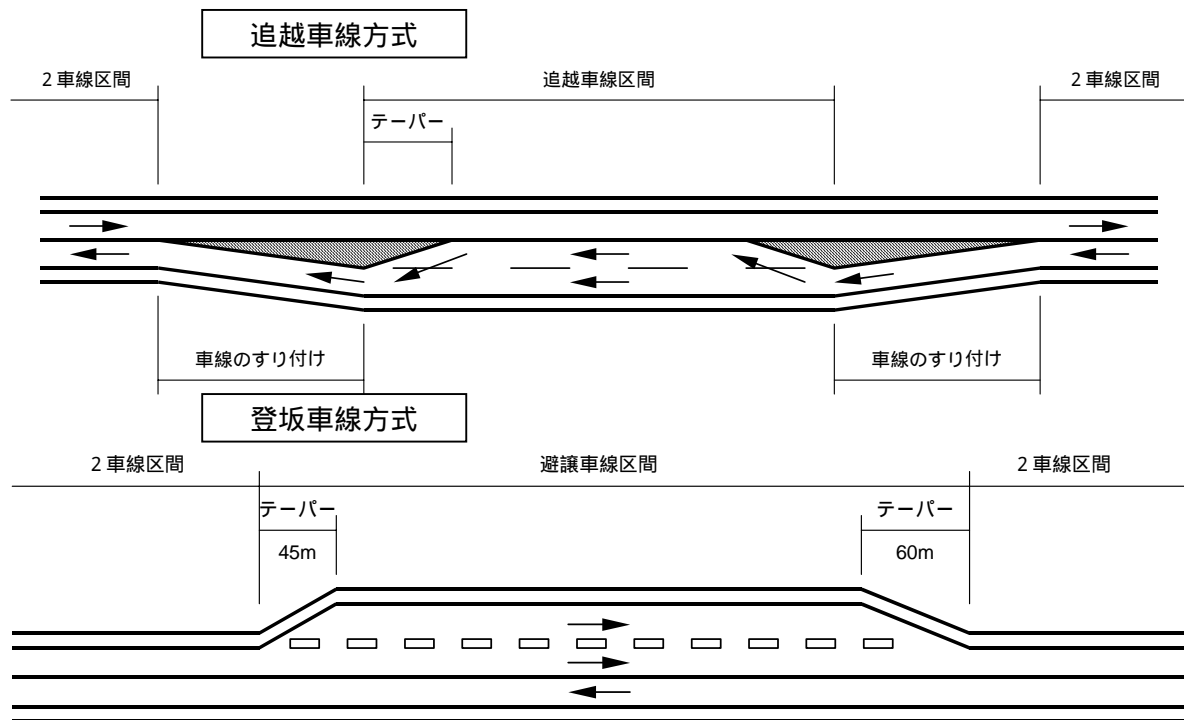


図 3-5-1 暫定 2 車線区間の付加車線切替方式

表 3-5-1 追越車線方式と登坂車線方式の比較

	追 越 車 線 方 式	登 坂 車 線 方 式
1 . 効 果	<ul style="list-style-type: none"> より遅い前車を目的に追越しできるもので、その効果は通常の片側 2 車線の高速道路等と同じである。 	<ul style="list-style-type: none"> 低速車が登坂車線に入らなければ効果が生じない。 <div> <div>一般道等でみられるように、低速車は左に寄って走行する傾向がある。</div> </div>
2 . 運転者の習慣	<ul style="list-style-type: none"> この方法は片側 2 車線道路の通行方法と同じであるから特に問題はない。 全線統一してキープレフトの原則を通した方が望ましい。 	<ul style="list-style-type: none"> 高速道路等に設置されている登坂車線区間と同様な交通運用であるため、運転者になじまれている。
3 . 交通の円滑性	<ul style="list-style-type: none"> 高速車が低速車の間に合流するので比較的円滑に運用される。 	<ul style="list-style-type: none"> 低速車が高速車に合流することとなり、合流点が円滑に運用されにくくなることもある。
4 . すり付け長	<ul style="list-style-type: none"> 高速車が分岐するので、すり付け長が長くなる。 	<ul style="list-style-type: none"> 低速車が分岐するので、すり付け長が短くてすむ。

以上より、付加車線の設置方法としては2つの方法があるが、追越車線方式が既存の高速道路で多く採用されており、利用効率も大きく、標準として適用されている。

しかし、追越車線方式はすり付け長が長く、山地部では十分な付加車線長の確保が困難な場合もあるので、付加車線を利用する車両の速度が低い時（上り勾配区間における大型車の速度低下が生じる時）は、すり付け延長が短くてすむ登坂車線方式が有効な運用方式であり、このような場合はこれによっても良いこととされている。

なお、付加車線は、同一方式を連続して設置することが走行性、安全性からみて望ましい。

表 3-5-2 に、平成 14 年度末時点での、高速道路の暫定 2 車線区間における付加車線の設置状況を示す。暫定 2 車線区間の付加車線設置数は 244 箇所、そのうち追越車線方式が 224 箇所と全体の 9 割以上を占めており、最も多く設置されている。登坂車線方式は 19 箇所（7.8%）、車線切替方式が 1 箇所（0.4%）である。

表 3-5-2 暫定 2 車線区間における付加車線の設置状況

登坂車線方式	追越車線方式	車線切替方式	計
19 (7.8%)	224 (91.8%)	1 (0.4%)	244 (100%)

（３）道路構造

暫定 2 車線道路における付加車線設置区間の横断構成は、図 3-5-2 に示すとおりである。

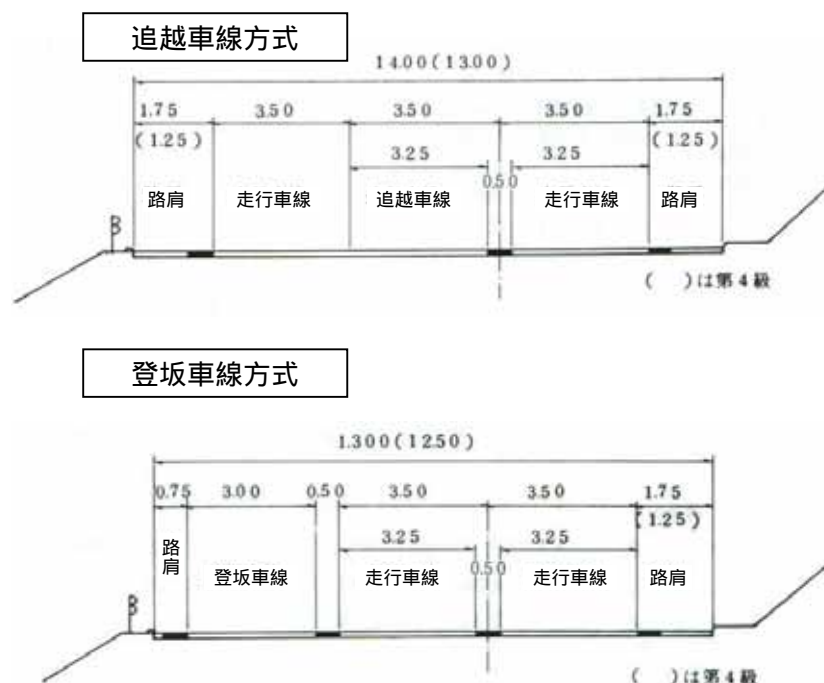


図 3-5-2 暫定 2 車線区間における付加車線の横断構成

(4) 付加車線の利用状況

これまでの調査研究²⁶⁾より、暫定2車線区間の付加車線(追越車線方式)の利用率や追越率、車線変更・戻りの位置、付加車線区間の速度変化などの利用状況について、以下のような結果が得られている。

- 1) 追越車線方式の利用率は22%で、特に小型車にその傾向が強い。
- 2) 追越車線方式は、遅い車両を追い越す機会が多く、車群先頭車の58%が後続車に追い越されている。
- 3) 追越車線方式では、分流については約9割の追越車両がテーパーから300m区間内で車線変更し、合流については約75%の追越車両が付加車線終端部のテーパーから100m~すりつけ区間内で走行車線に戻っている。
- 4) 追越車線方式の付加車線での車両の走行速度が高く、付加車線の間付近では、走行車線より約20km/h高くなっている。また、付加車線を走行する車両は追越及び合流のために約30km/hの加減速を行っている。

3-5-2 ボトルネック上流側への付加車線の設置による渋滞軽減効果

ボトルネックに付加車線が設置されることが最も渋滞軽減効果があるが、ボトルネックが橋梁およびトンネル部であるため、付加車線設置に要する投資が大きく、ボトルネックへの付加車線設置が困難である場合がある。

そこで、ボトルネック上流側に付加車線を設置した場合においても渋滞軽減効果が期待できると、またボトルネック上流側の付加車線がボトルネック交通容量に与える影響について考える。

(1) ボトルネック上流側への付加車線の設置による渋滞軽減効果

暫定2車線区間では、追越を禁止しているため、ある程度の区間長を走行した場合、低速で走行する車両は、より高速で走行する前方車両に追従することが叶わず、前方との車間距離が大きくなる。一方で、後続の高速車両が当該低速車両に追いついてくるため、当該低速車両を先頭とする車群が形成される。そのため、ボトルネックを通過する際に、低速車両を先頭とする車群中では高い交通流率が達成されるものの、前方車両との間に大きなギャップが生じることになり、ボトルネックを車両が通過しない時間(空白の時間)が生じることになる。2車線区間が長くなればなるほど、このギャップが大きくなるため、交通容量を考える上でのロスが大きくなるものと考えられる。

現在、適切な走行速度を確保し、サービス水準を高めることを主目的として、適当な間隔で付加車線が設置されている。この付加車線の設置により、追越ができないために形成された大きな車群中の一部の車両が、低速車両を追越すことで、低速車両の前方に発生する大きなギャップを埋める効果を期待することができる。すなわち、ボトルネックにおける交通容量上のロスを小さくする効果があるため、ボトルネックの交通容量を高め、渋滞を軽減することができるものと考えられる。

暫定2車線区間における付加車線の設置は、上流側単路区間である1車線区間を走ってきた車群中の一部の車両が車群を抜け出し、車線変更することで、それまで形成されていた車群を分散させるものと想定される。すなわち、上流から大きな車群が来ても付加車線によって車群が小さく分散され、下流にあるボトルネックにさしかかっても速度低下することなく、そのままボトルネックを

通過してしまう。また、車群中の低速車両や車間距離の長い車両も、付加車線を走行する車両の影響を受け、自車の速度アップや車間距離の調整を図ると考えられる。その結果として、ボトルネックでの渋滞発生時交通量が大きくなり、渋滞発生回数が低減するものと推測される。

暫定2車線区間における付加車線の設置による車群の分散効果は、付加車線長が短い場合では効果が発揮されず、ある程度の長さが必要であり、長ければその効果が高いものと考えられる。

(2) ボトルネック上流側への付加車線の設置による渋滞軽減効果のメカニズムの仮説

一般的に単路区間では、追越しが出来ない構造となっている。このため、走行車両の速度差（希望速度の差）の影響により、車群が形成され、車群間間隔が大きくなる。

付加車線の設置によって、追越しが可能となり、車群が分散され大きな車群が減少するとともに、車群間間隔に追越車両が流入して大きな車間が減少する。

また、車群の分散とともに、追い越された先頭車の速度も上昇し、速度上昇を保ったままボトルネックを走行することで、渋滞発生に繋がるショックウェーブが小さくなるものと考えられる。

付加車線の延伸によって、車群が小さく分散され、下流にあるボトルネックにさしかかっても速度低下することなく、そのままボトルネックを通過してしまう。また、車群中の低速車両や車間距離の長い車両も、付加車線を走行する車両の影響を受け、自車の速度アップや車間距離の調整を図るためであると考えられる。その結果として、ボトルネックでの渋滞発生時交通量が大きくなり、渋滞発生回数が低減するものと推測される。

図 3-5-3 に、ボトルネックにおける渋滞軽減効果のメカニズムの仮説を図化して示す。

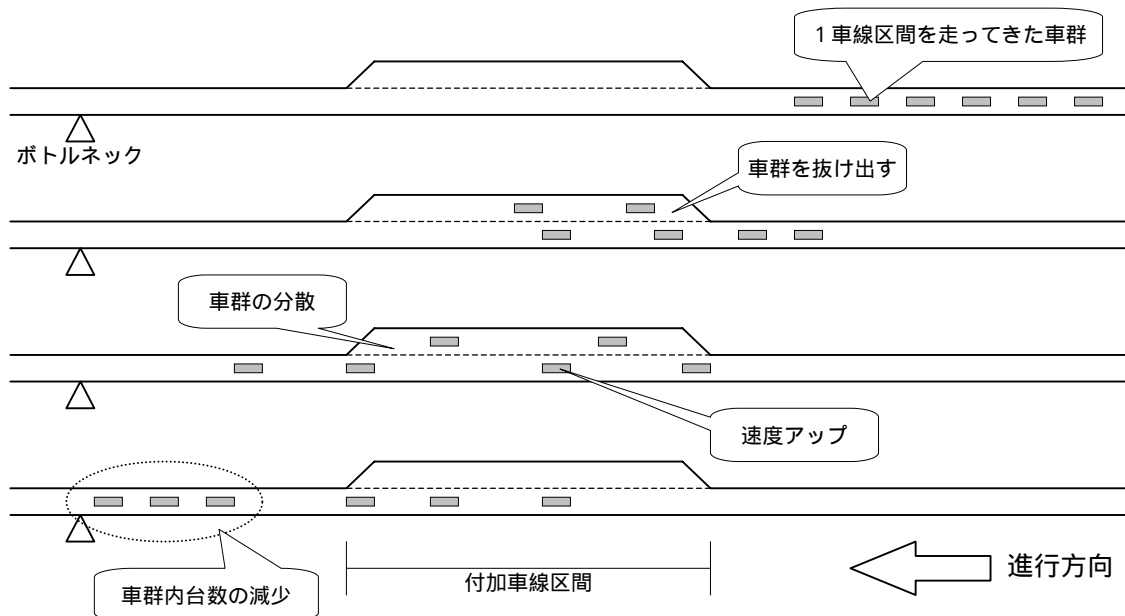


図 3-5-3 ボトルネックでの渋滞軽減効果のメカニズム

3-5-3 ボトルネック上流側への付加車線の設置による渋滞軽減効果の事例

ここでは、ボトルネックの上流に設置された付加車線を延伸したことにより、下流にあるボトルネックでの渋滞発生を大きく軽減させた事例を紹介する。

(1) ボトルネック上流側への付加車線設置による渋滞低減効果の事例

当該区間のボトルネックは、付加車線終点から約 1.2km 下流にある平山 TN 坑口部付近である。供用当初の付加車線は延長 525m であったが、平成 14 年 11 月に付加車線部を上流側に延伸し、総延長は 1,745m となり、平成 16 年 12 月には上流側の片側 2 車線区間まで延伸され、総延長は 7,500m になっている。

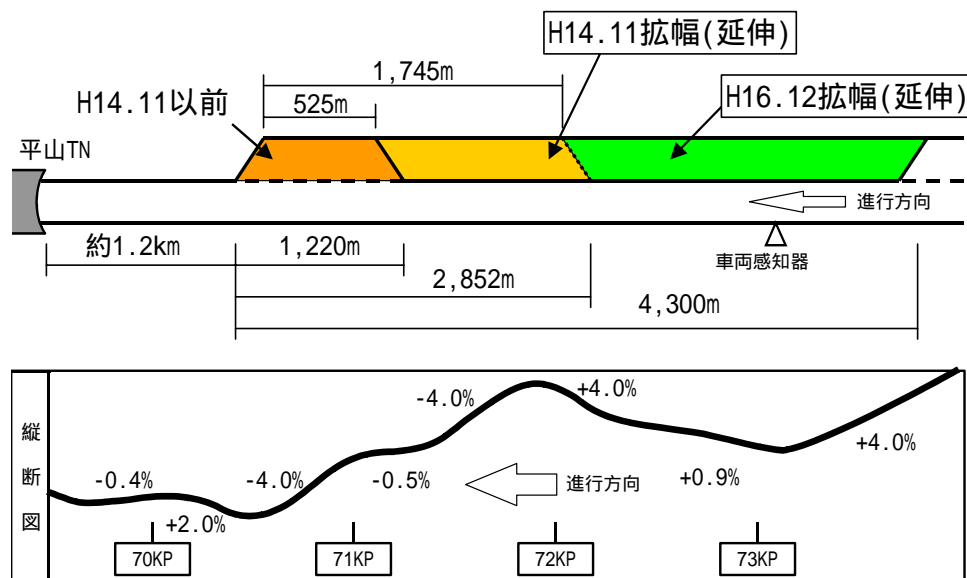


図 3-5-4 東海北陸道(上り線)平山 TN 付近の付加車線設置状況と縦断線形

渋滞発生状況

延伸前には、年間の渋滞発生回数は 11～14 回であったが、延伸後の平成 15 年は 3 回と大きく減少している。また、付加車線を延伸したことにより、平山 TN 付近を先頭とする渋滞が減少し、下流側の神路 TN 付近を先頭とする渋滞が発生するようになっている。これは、平山 TN 付近の交通容量が増加している可能性が考えられる。

表 3-5-3 東海北陸道(上り線)平山 TN 付近の渋滞発生状況と交通量

年	年平均交通量 (台/日)	休日の(上り線) 平均交通量(台/日)	渋滞回数 (回/年)	渋滞長(km)		渋滞時間(h)	
				延べ	平均	延べ	平均
H13	4,190	6,521 (10,081)	11	68.4	6.2	27.5	2.5
H14	4,270	6,431 (9,474)	14	93.2	6.7	29.7	2.1
H15	4,250	6,444 (10,550)	3	6.8	2.3	2.9	1.0
H16	4,175	6,292 (10,428)	3	8.9	3.0	2.5	0.8

資料：JH渋滞統計データ

() 内数値は最大日交通量

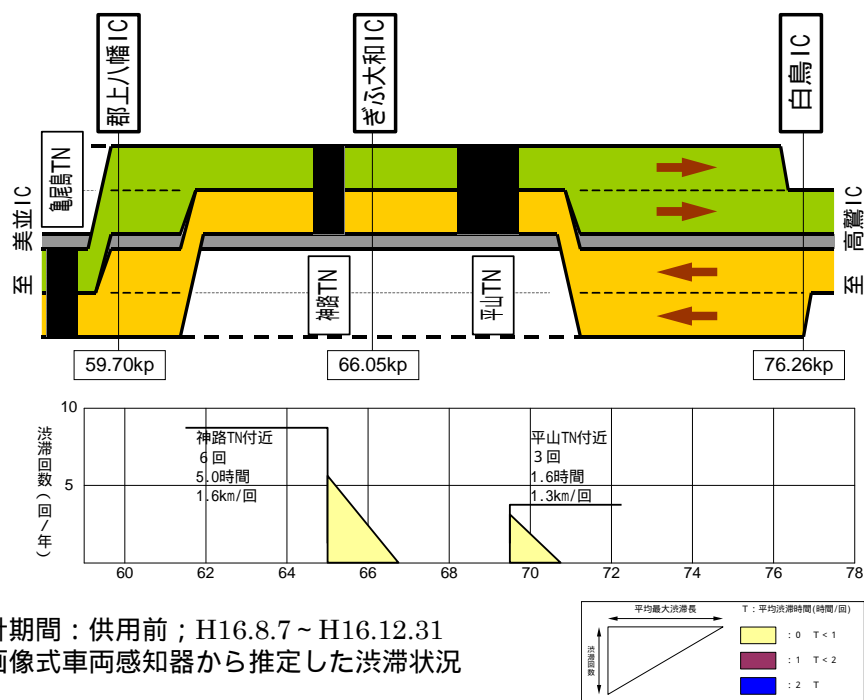
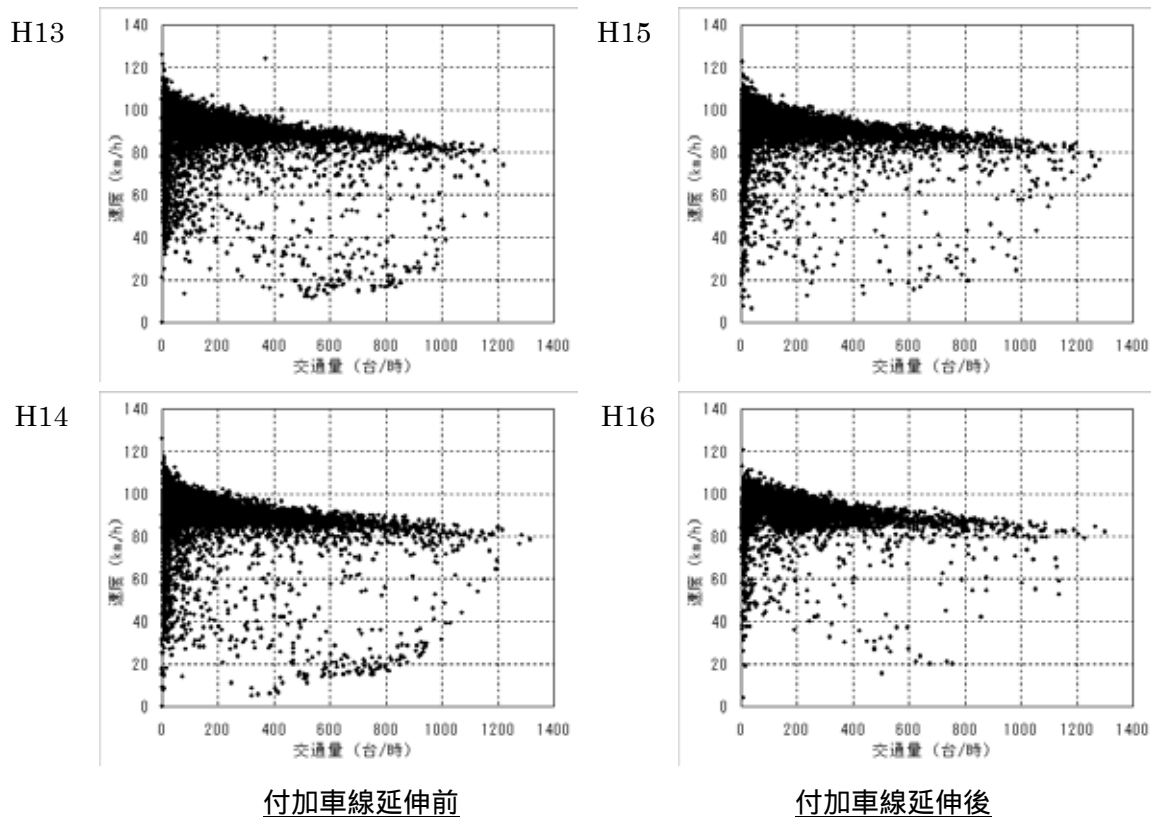


図 3-5-5 車両感知器データから推定した東海北陸道(上り線)郡上八幡～白鳥間の渋滞状況



平成16年12月以降、本車両感知器位置は2車線運用となっている。

図 3-5-6 東海北陸道(上り線)の付加車線延伸前後における付加車線上流側のQ-V図

交通容量

付加車線延伸前後における渋滞発生前後の交通容量を算出した。

平成 15 年以前の交通容量は、約 3.8km 上流側に位置する車両感知器で計測していることから、詳細な渋滞発生時刻が不明である。このため、実際の交通容量と異なっている恐れがあるため参考値とする。平成 16 年の交通容量は、現地での実観測値である。

表 3-5-4 東海北陸道(上り線)平山 TN 付近の交通容量

単位：台/時

区 分	渋滞発生時 交通量	渋滞発生後 捌け交通量	備 考
平成 14 年の年平均値	1,104	816	延伸前
平成 15 年の年平均値	1,029	注 1	延伸前
平成 16 年 7 月 19 日	1,168	980	延伸後

渋滞発生時交通量は30分間フローレート値

注 1：渋滞後尾が車両感知器まで到達していないため、計測できない。

(2) 調査概要

調査日時

表 3-5-5 東海北陸道(上り線)平山 TN 付近の付加車線設置前後の交通状況把握調査概要

	第 1 回調査	第 2 回調査
調査日	平成 16 年 7 月 18 日 (日)	平成 16 年 7 月 19 日 (月祝)
時間帯	13 時～19 時 (計 6 時間)	14 時～16 時 (計 2 時間)
天候	曇一時雨	晴

注) 調査時間帯は、全地点VTR撮影を実施している時間帯

ビデオ調査

東海北陸道(上り線) 70.9～72.6kp の付加車線付近を対象として、交通流をビデオ撮影した。

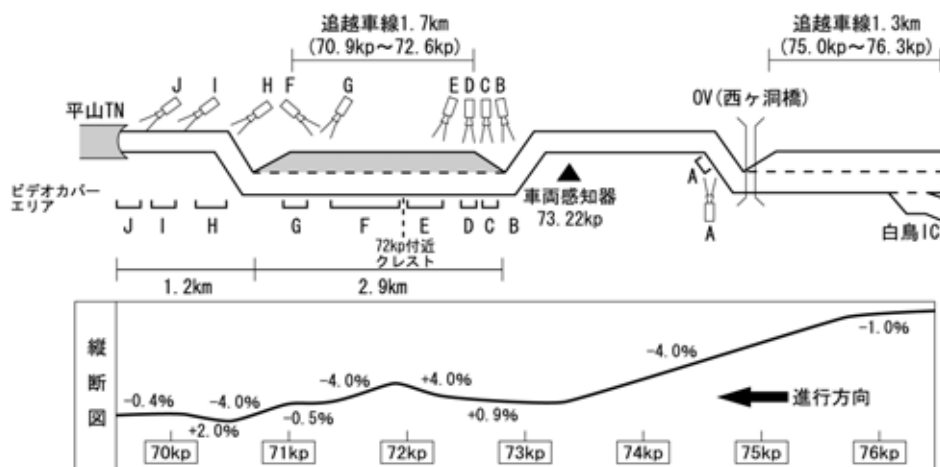


図 3-5-7 付加車線設置前後の交通状況把握調査概要

(3) 付加車線始点部および終点部付近での車線利用状況

付加車線始点部付近での車線利用状況

- ・ 付加車線始点部付近において追越車線に車線変更を行う車両は、全車両 615 台のうち 230 台(約 37%)で、走行車線に復帰する車両は 8 台(約 1%)ある。
- ・ 車線変更を行った 230 台について、車線変更位置を地点別にみると、下流側 80m 地点までに追越車線に車線変更を行っている車両が 168 台(約 73%)と多くなっており、追従走行から早く解放したいというドライバー心理が強く働いているものと思われる。
- ・ 走行車線に復帰する車両は 8 台と少ないものの、下流側 160m 地点から出現している。

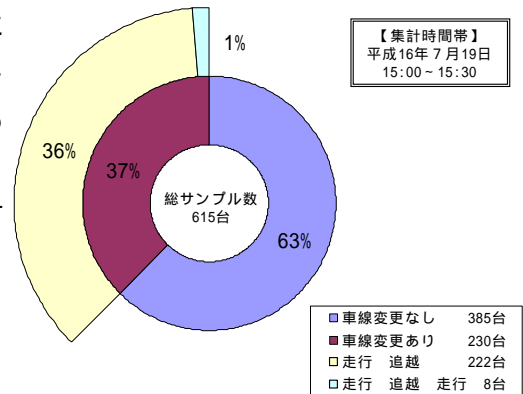
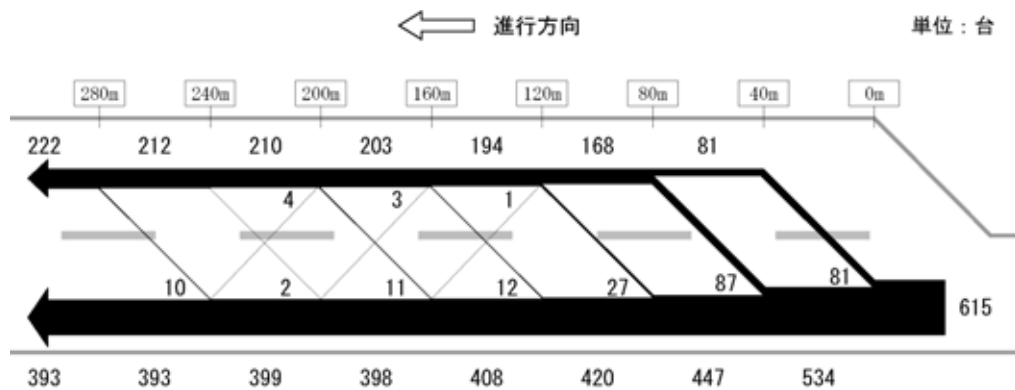


図 3-5-8 付加車線始点部付近での車線変更車両の構成率



集計時間帯；平成16年7月19日 15:00～15:30

図 3-5-9 付加車線始点部付近での地点別車線変更状況

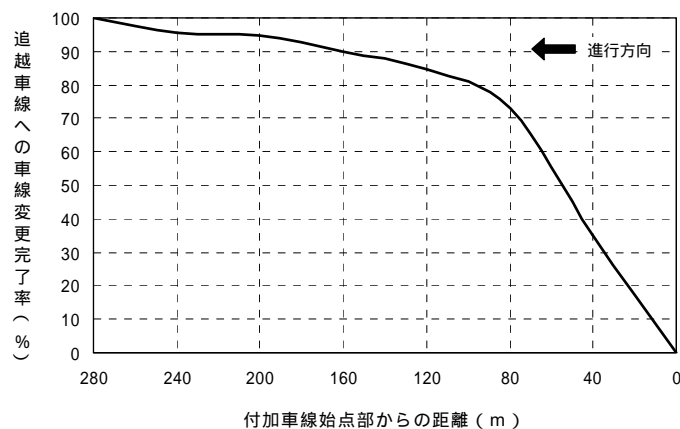


図 3-5-10 付加車線始点部付近での追越車線への車線変更率

付加車線終点部付近での車線利用状況

- ・ 付加車線終点部の上流側 600m 地点における付加車線利用台数は約 230 台で、利用割合は約 38%となっている。
- ・ 付加車線終点部に近づくにつれ、走行車線に復帰する傾向がみられる。
- ・ 付加車線終点部の上流側 100m 地点においても、付加車線利用台数は約 90 台となっており、利用割合は約 14%で、これだけの車両が残り 100m 区間のうちに走行車線へ復帰していることが伺える。

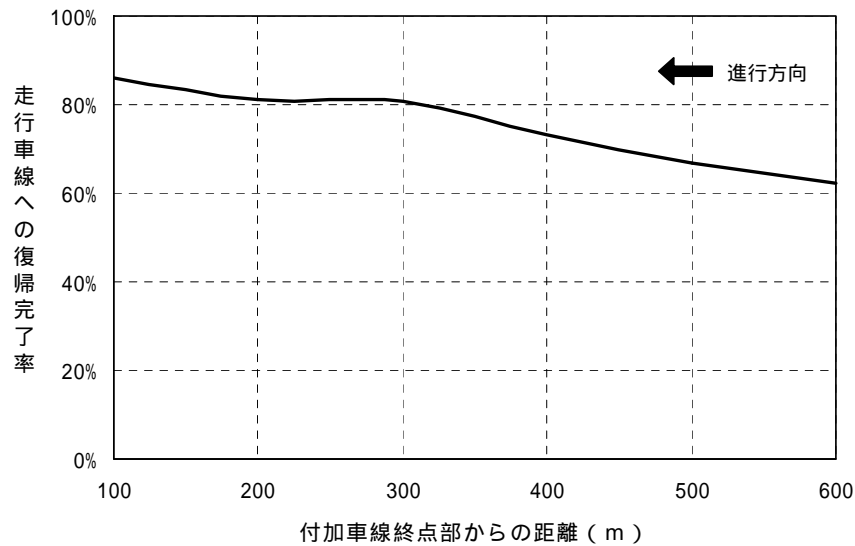
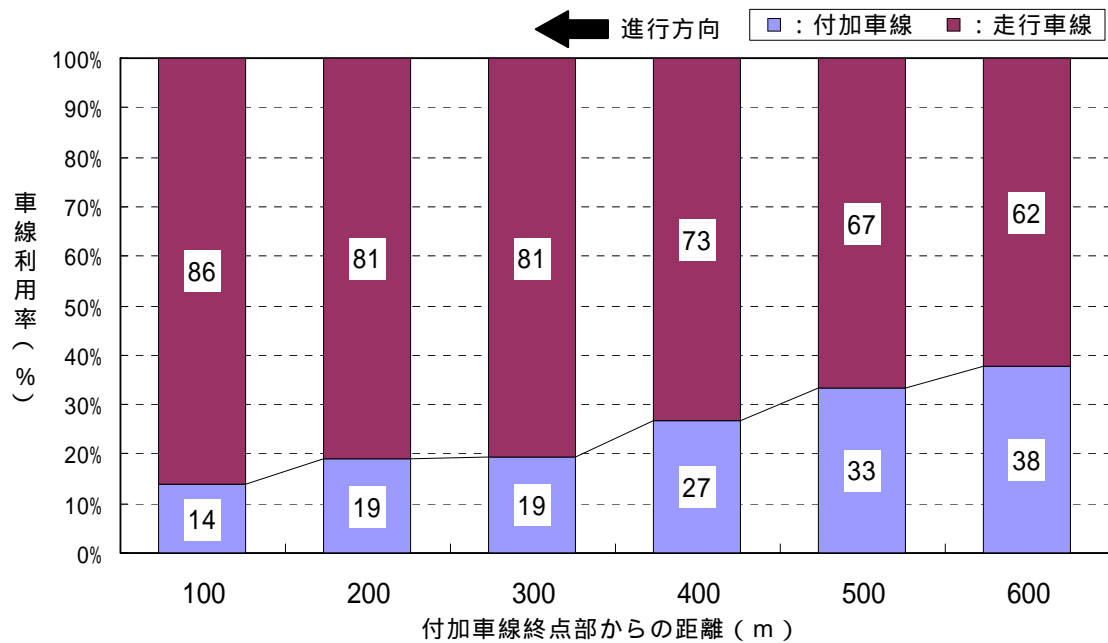


図 3-5-11 東海北陸道(上り線)平山 TN 付近の付加車線終点部付近での走行車線への車線復帰率



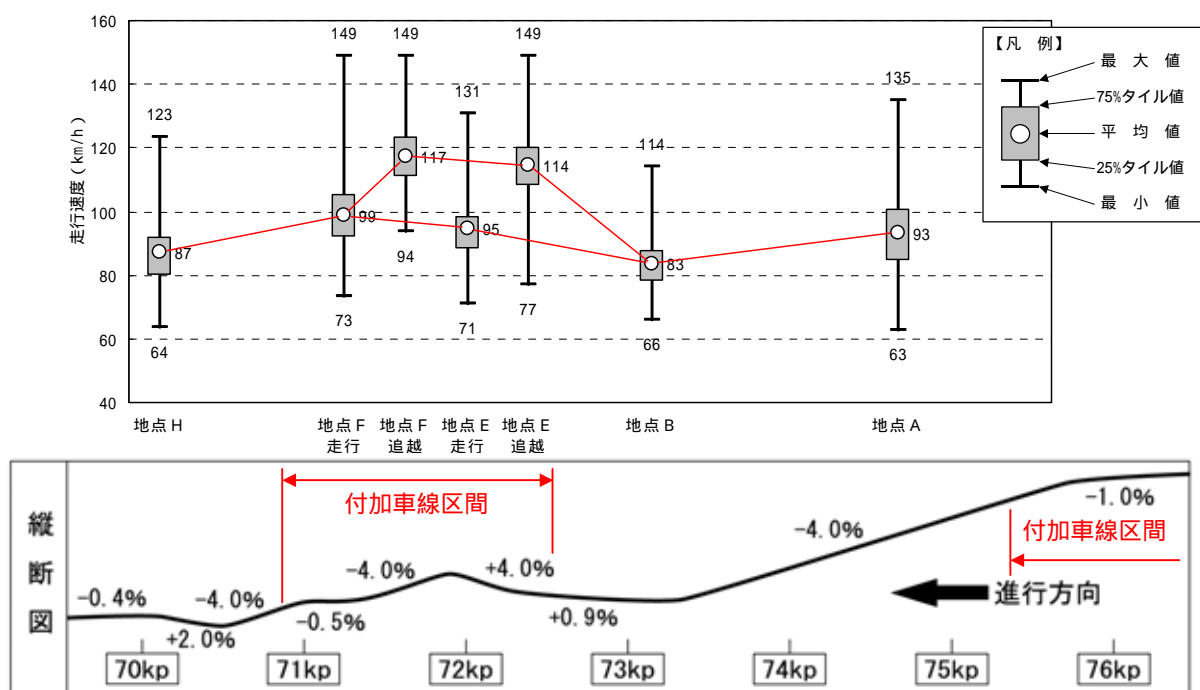
集計時間帯；平成16年7月19日 15:00～15:30

図 3-5-12 付加車線終点部付近での地点別車線変更状況

(4) 付加車線区間および前後での走行速度

観測地点毎の速度分布

- ・ 地点Aは約4.0%の下り勾配で、平均速度は約93km/hと高く、地点Bは約0.9%の上り勾配で、平均速度は約83km/hと、平均走行速度が10km/h程度低下している傾向がみられる。
- ・ 付加車線区間の地点E付近は約4.0%の上り勾配区間であるものの、車線別走行速度をみると、走行車線は約95km/h、追越車線約114km/hと高くなっている。
- ・ 地点F付近は約4.0%の下り勾配区間で、車線別走行速度はそれぞれ5km/h程度上昇している。
- ・ 地点Hは約2.0%の上り勾配区間であるものの、平均走行速度は約87km/hとなっている。
- ・ 地点Bと地点Hの走行速度と縦断線形を比較すると、地点B；約83km/h（上り勾配約0.9%）
地点H；約87km/h（上り勾配約2.0%）となっており、上り勾配が厳しいにも係わらず、付加車線区間の通過前後で走行速度が4km/h程度上昇している。これは、付加車線による速度上昇効果と捉えることができる。
- ・ 付加車線設置区間の地点Eと地点Fにおける車線間の速度差についてみると、追越車線の速度は走行車線の速度に比べ、20km/h程度高くなっている。



集計時間帯；平成16年7月19日 15:00～15:30

図 3-5-13 付加車線区間および前後での速度分布状況

観測地点毎の走行速度階層

1) 暫定2車線区間(地点A・B・H)

- ・ 速度階層の最頻値をみると、上流側付加車線区間の終端部付近である地点Aでは、90～95km/hが最も多く約23%となっているが、下流側付加車線直近上流の地点Bでは、75～80km/hが最も多く約25%と、約2.5kmの単路区間のうちに全体的に低い速度階層に移行している。
- ・ 地点Bで多くみられた80km/h以下の速度階層が、付加車線区間走行後の地点Hでは減少しており、高い速度階層である90～95km/hが約18%を占めている。
- ・ 付加車線区間の走行によって、速度階層が速度の高い方向にシフトしており、付加車線の設置による速度上昇効果と捉えることができる。

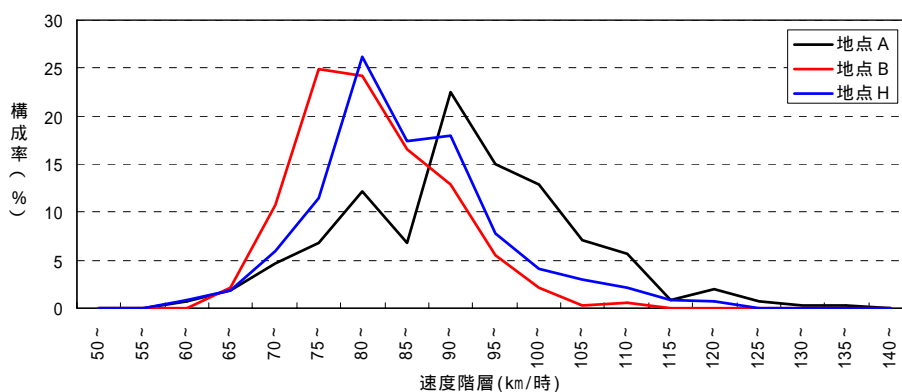


図 3-5-14 暫定2車線区間での走行速度の階層

2) 付加車線区間(地点E・F)

- ・ 走行車線について、上流側の地点Eと下流側の地点Fの速度階層を比較すると、最頻値に変化はないものの、100km/h以上の速度階層が増加している傾向がみられる。
- ・ 追越車線について、上流側の地点Eと下流側の地点Fの速度階層を比較すると、最頻値が110～115km/hから120～125km/hに移行しており、下り勾配区間の影響も考えられるが全体的に速度階層が速度の高い方向にシフトしている傾向がみられる。

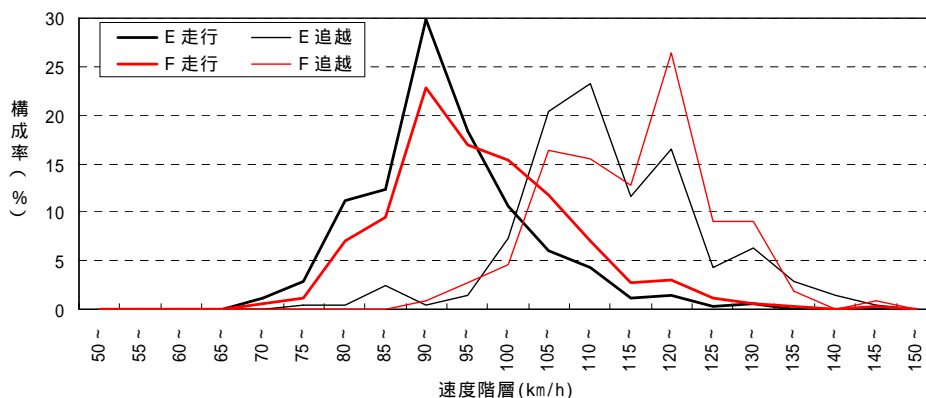


図 3-5-15 付加車線区間での走行速度の階層

(5) 付加車線区間前後での車群数と車群内台数

- ・ 上流側付加車線区間の終端部付近である地点 A と下流側付加車線直近上流の地点 B を比較すると、車群数は減少しているものの車群内台数の平均値は増加しており、単路区間を走行したことで車群が肥大化したものと思われる。
- ・ 地点 B と付加車線終端部付近の地点 H を比較すると、車群数は増加しているものの車群内台数の平均値は減少しており、付加車線を走行したことで車群が分散したものと思われる。

表 3-5-6 付加車線区間前後の車群数と車群内台数の平均値

項 目	地点 H	地点 B	地点 A
車群数 (個)	92	86	90
車群内台数の平均値 (台)	6.3	6.7	6.4

集計時間帯；平成16年7月19日 15:00～15:30

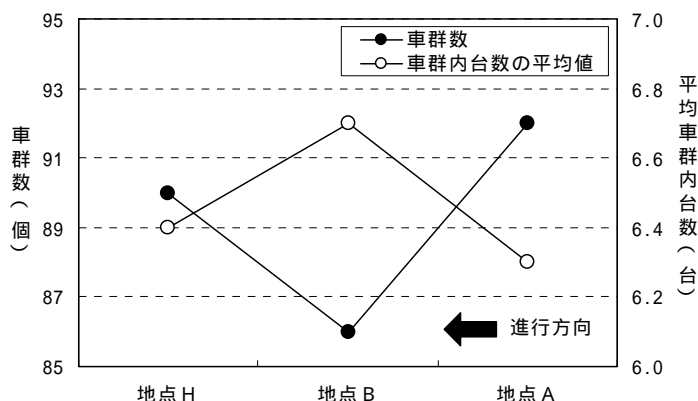


図 3-5-16 付加車線区間前後の車群数と車群内台数の平均値

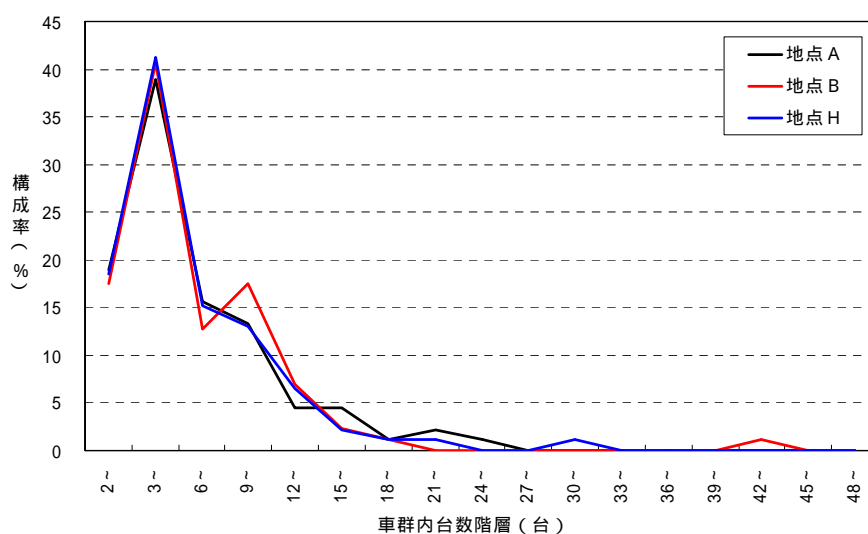


図 3-5-17 付加車線区間前後での車群内台数の構成率

(6) 車群先頭車の走行速度

- ・ 車群先頭車走行速度階層の最頻値をみると、上流側付加車線区間の終端部付近である地点 A では、90～95km/h が最も多く約 27%となっているが、下流側付加車線直近上流の地点 B では、75～80km/h が最も多く約 30%と、約 2.5km の単路区間のうちに車群先頭車の速度が全体的に低い階層に移行している。
- ・ 地点 B と付加車線区間走行後の地点 H を比較すると、地点 H の最頻値は 85～90km/h となっており、付加車線区間の走行によって、車群先頭車の速度が上昇することが伺える。
- ・ 地点 B における車群先頭車の走行速度と車群内台数の関係をみると、車群先頭車の走行速度が低いほど車群内台数が大きくなる傾向がみられる。逆に、車群先頭車の走行速度を高くすることで車群内台数を小さくできる可能性があるものとする。

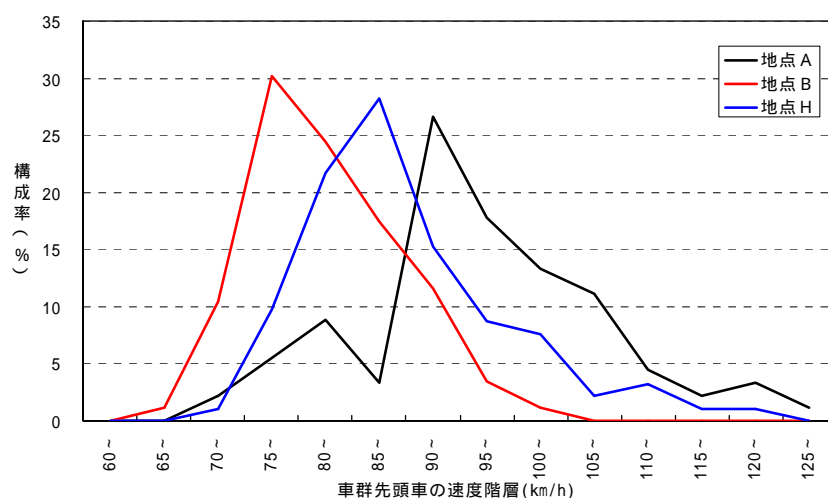


図 3-5-18 観測地点毎の車群先頭車の走行速度階層

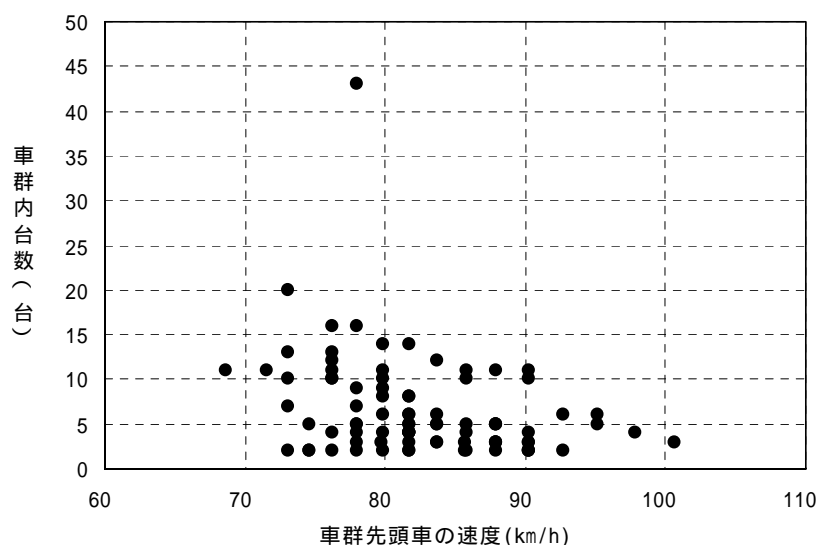


図 3-5-19 車群先頭車の走行速度と車群内台数の関係

(7) 付加車線による車群の分散効果

- ・ 付加車線区間直近上流の地点 B において、車群内台数が 20 台を下回る程度の車群については、付加車線区間走行後の地点 H においても車群内台数に大きな変化はみられない。
- ・ 渋滞発生直前にみられる車群内台数 40 台を超える車群については、付加車線区間走行後に 30 台程度に減少しており、大規模な車群が付加車線を走行することで、車群を分散させる効果があることが伺える。
- ・ 単位時間当りの交通量フローレートをみると、付加車線区間走行前では車両が通過しない時間帯が存在しているが、付加車線区間走行後には、そのような時間帯が存在しておらず、付加車線により無駄な間隙（ギャップ）が埋められ、交通流が整流化された効果が伺える。

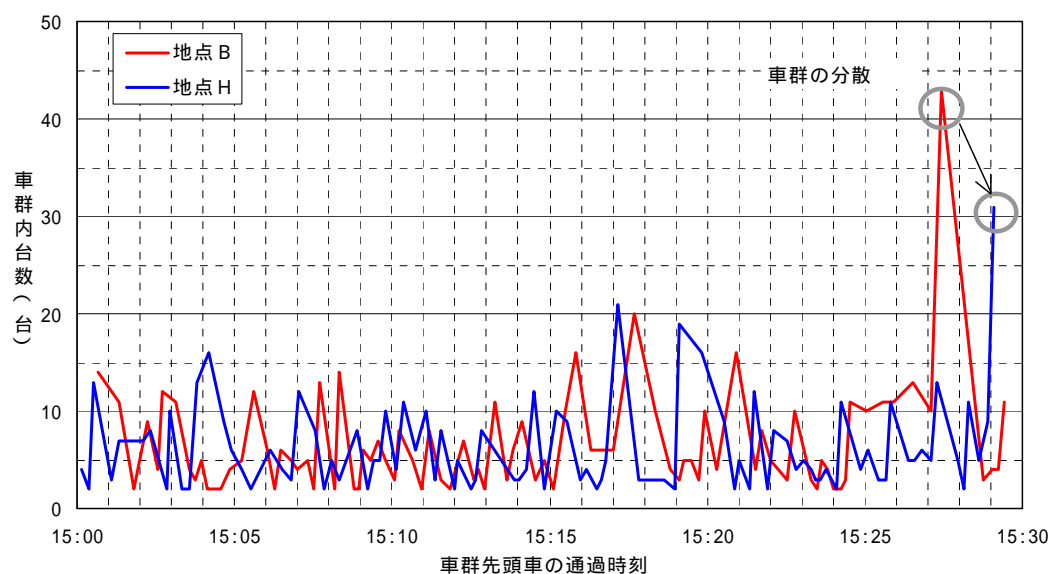


図 3-5-20 付加車線区間走行前後の車群内台数

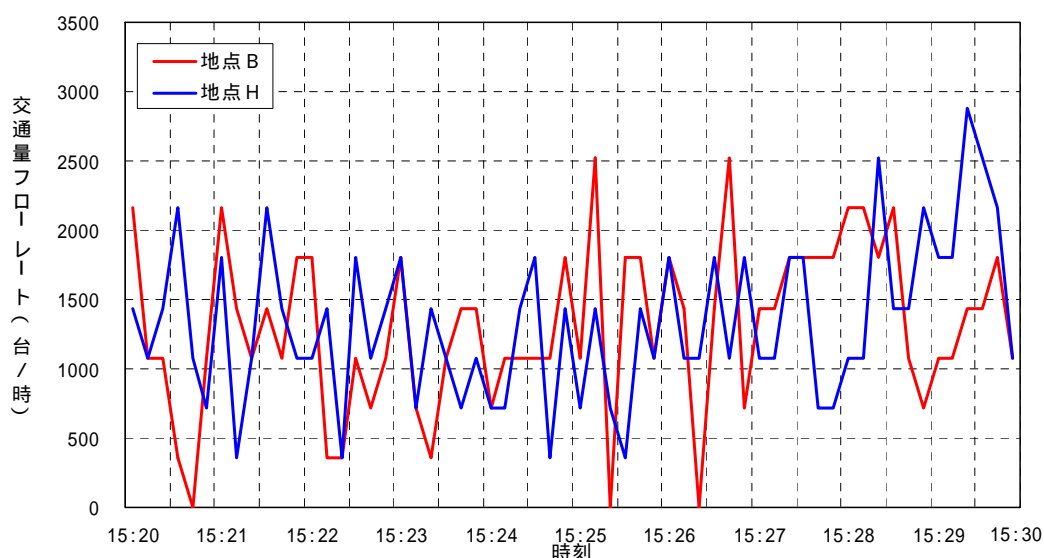


図 3-5-21 付加車線区間走行前後における通過台数のフローレート換算交通量の比較

(8) ボトルネック上流側への付加車線設置による効果

- ・ 付加車線区間走行前の地点 B と付加車線区間走行後の地点 H の走行速度と縦断線形を比較すると、地点 B では約 83km/h (上り勾配約 0.9%)、地点 H では約 87km/h (上り勾配約 2.0%) となっており、上り勾配が厳しいにも係わらず、付加車線区間の通過前後で走行速度が 4km/h 程度上昇しており、付加車線による速度上昇効果と捉えることができる。
- ・ 上流側付加車線区間の終端部付近でみられた車尾時間 3 ～ 5 秒の階層は、下流側付加車線直近上流において減少し、逆に車尾時間 2 ～ 3 秒の階層が増加していることから、単路区間の走行により車群が肥大化したものと思われる。
- ・ 付加車線終点部付近では、付加車線区間始点部に比べ車尾時間 2 秒前後の階層が減少し、逆に 3 ～ 5 秒の階層が増加していることから、付加車線の走行により車群が分散したものと思われる。
- ・ 車群先頭車走行速度階層の最頻値をみると、上流側付加車線区間では、90 ～ 95km/h が最も多く約 27% となっているが、下流側付加車線直近上流では、75 ～ 80km/h が最も多く約 30% と、約 2.5km の単路区間のうちに車群先頭車の速度が全体的に低い階層に移行している。
- ・ 車群先頭車の車尾時間構成をみると、付加車線区間走行後では、付加車線区間走行前の地点 B に比べ、4 ～ 8 秒の車尾時間階層の占める割合が増加し、逆に 10 秒以上の車尾時間の占める割合が減少している。付加車線を通過することにより、車群と車群の間隔が短くなり、無駄な間隔が埋められていることが伺える。
- ・ 渋滞発生直前にみられる車群内台数 40 台を超える車群については、付加車線区間走行後に 30 台程度に減少しており、大規模な車群が付加車線を走行することで、車群を分散させる効果があることが伺える。
- ・ 単位時間当りの交通量フローレートをみると、付加車線区間走行前では車両が通過しない時間帯が存在しているが、付加車線区間走行後には、そのような時間帯が存在しておらず、付加車線により無駄な間隙 (ギャップ) が埋められ、交通流が整流化された効果が伺える。

以上のことから、延伸前の付加車線長 (525m) では、複数の車両が車群先頭車を追越すに十分な延長が無かったのに対して、1,745m に延伸したことにより、十分に追越ができるようになったものと考えられる。この結果は、付加車線を延伸することによって、より低速車両の前方ギャップを埋めることが可能となり、ボトルネックにおける交通容量を増加させることが可能であるという前節での考えを裏付けするものである。

第4章 暫定2車線区間のボトルネック交通容量と道路構造との関係分析 (マクロ分析)

4-1 ボトルネック交通容量と道路構造との関係

表 3-2-1 で選定した暫定2車線区間における16箇所のボトルネックのうち、車両感知器がボトルネック上下流側2車線区間でなく、単路部区間に設置されている13箇所について、縦断線形、上流側車線運用等の道路構造を表 4-1-1 のように整理する。

ここでは、ボトルネックの渋滞発生時交通量および渋滞発生後捌け交通量と道路構造の関係をマクロ的視点から単相関分析、多変量解析を行い、道路構造によるボトルネック交通容量の確定的推定方法を提案する。

なお、ボトルネック毎の平均交通容量を用いた場合の道路構造との関係、ボトルネック毎の渋滞発生日個々の交通容量の全サンプルを用いた場合の道路構造との関係、について分析を行う。また、同一ボトルネックの交通容量のバラツキを説明するため、ボトルネックの全サンプル交通容量と道路構造および交通特性との関係についても分析を行う。

表 4-1-1 暫定2車線区間ボトルネックの道路構造

道路名	上 下	I C 区間	ボトルネック		渋滞要因	車両感知器		道路構造								
								縦断線形						上流側車線運用		
			名 称	測点		位置	位置関係	縦断勾配			縦断曲線		勾配区間長		上流側 単路区 間長	付加車 線長
								上流側	下流側	勾配差	曲線半 径	曲線長	上流側	下流側		
				(KP)	(kp)			(%)	(%)	(%)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
磐越道	上	いわき三和 ～小野	27KP付近	27.0	サグ	27.56	B N 直近	-2.8	4.0	6.8	5,900	400	780	1,680	7,400	2,000
		船引三春 ～郡山東	58KP付近	58.0	サグ	60.90	B N 上流側	1.5	2.6	1.1	18,000	200	630	660	3,800	2,700
	下	いわき三和 ～小野	渡戸TN	12.0	トンネル 上り坂	10.81	B N 上流側	0.6	2.6	2.0	29,000	600	760	1,240	2,400	2,100
上信越道	上	中郷 ～上越高田	観音平TN付近	195.2	サグ トンネル	196.20	B N 上流側	-3.0	1.4	4.4	9,100	400	610	1,360	1,320	3,030
東海 北陸道	上	美濃 ～美並	古城山TN付近	37.8	サグ トンネル	37.78	B N 直近	-0.6	2.0	2.6	19,000	500	500	1,610	200	1,000
			黒地TN付近	44.1	サグ トンネル	44.13	B N 直近	-2.4	3.0	5.4	9,000	490	860	890	6,800	500
			苅安TN付近 冬季	48.6	サグ トンネル	48.43	B N 直近	-0.5	2.6	3.1	13,000	400	650	760	11,300	500
			苅安TN付近	48.6	サグ トンネル	48.43	B N 直近	-0.5	2.6	3.1	13,000	400	650	760	2,300	500
		美並 ～郡上八幡	亀尾島TN付近	58.7	サグ	59.07	B N 直近	0.8	3.0	2.2	13,000	300	950	1,390	1,800	800
		ぎふ大和 ～白鳥	平山TN付近	69.4	サグ トンネル	73.22	B N 上流側	-0.4	1.7	2.1	9,500	200	530	1,550	1,200	500
米子道	下	久世 ～湯原	摺鉢山TN付近	10.1	トンネル 上り坂	14.23	B N 下流側	2.3		-	-	-	2,000	5,090	3,100	500
九州道	上	人吉 ～えびの	加久藤TN付近	270.0	トンネル	271.00	B N 直近	4.0	0.5	3.5	11,000	400	2,110	2,670	1,600	4,700
	下	人吉 ～えびの	加久藤TN付近	265.0	トンネル	264.19	B N 直近	3.9	1.0	2.9	13,800	400	800	3,600	2,200	48,000

4-1-1 ボトルネック毎の交通容量

(1) ボトルネック毎の交通容量算出結果

分析に用いるデータは、第3章で算出したボトルネック毎の晴天・昼間時の渋滞発生時交通量と渋滞発生後捌け交通量を対象とする。表 4-1-2、図 4-1-1 にボトルネック毎の交通容量算出結果を示す。

表 4-1-2 暫定2車線区間ボトルネック毎の交通容量

道路名	上下	I C 区間	ボトルネック		渋滞要因	車両感知器		サンプル数		交通容量算出結果	
			名 称	測点		位置	位置関係	渋滞発生時交通量	渋滞発生後捌け交通量	渋滞発生時交通量	渋滞発生後捌け交通量
										15分間フローレート	平均フローレート
										(個)	(個)
磐越道	上	いわき三和 ～小野	27KP付近	27.0	サグ	27.56	B N 直近	3	3	1,015	920
		船引三春 ～郡山東	58KP付近	58.0	サグ	60.90	B N 上流側	4	4	1,204	1,020
	下	いわき三和 ～小野	渡戸TN	12.0	トンネル 上り坂	10.81	B N 上流側	2	2	1,060	893
上信越道	上	中郷 ～上越高田	観音平TN付近	195.2	サグ トンネル	196.20	B N 上流側	3	3	1,247	984
東海 北陸道	上	美濃 ～美並	古城山TN付近	37.8	サグ トンネル	37.78	B N 直近	9	10	1,074	955
			黒地TN付近	44.1	サグ トンネル	44.13	B N 直近	2	5	1,158	869
			苅安TN付近 冬季	48.6	サグ トンネル	48.43	B N 直近	20	22	1,059	902
			苅安TN付近	48.6	サグ トンネル	48.43	B N 直近	36	40	1,114	948
		美並 ～郡上八幡	亀尾島TN付近	58.7	サグ	59.07	B N 直近	14	15	1,208	1,067
		ぎふ大和 ～白鳥	平山TN付近	69.4	サグ トンネル	73.22	B N 上流側	9	9	1,110	839
米子道	下	久世 ～湯原	摺鉢山TN付近	10.1	トンネル 上り坂	14.23	B N 下流側	12	12	1,076	840
九州道	上	人吉 ～えびの	加久藤TN付近	270.0	トンネル	271.00	B N 直近	14	16	1,237	1,054
	下	人吉 ～えびの	加久藤TN付近	265.0	トンネル	264.19	B N 直近	12	12	1,256	1,065
								140	153		

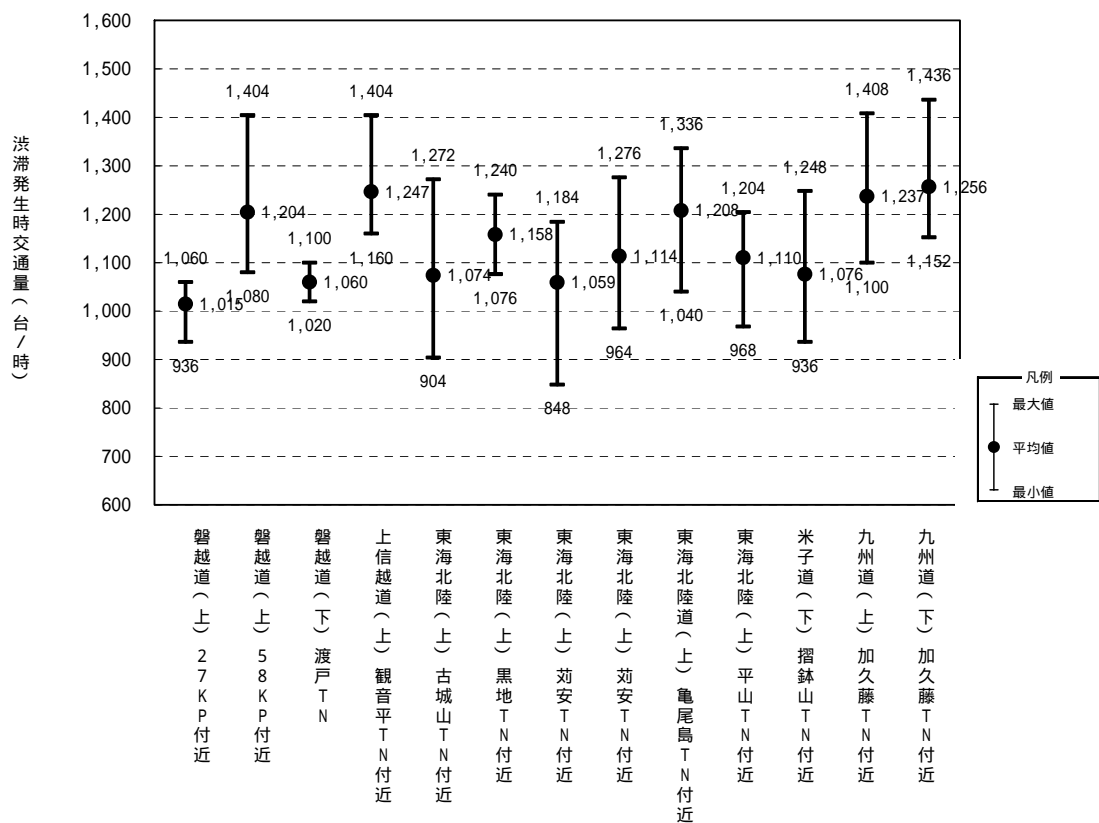


図 4-1-1(1) ボトルネック毎の渋滞発生時交通量(平均値・最大値・最小値)

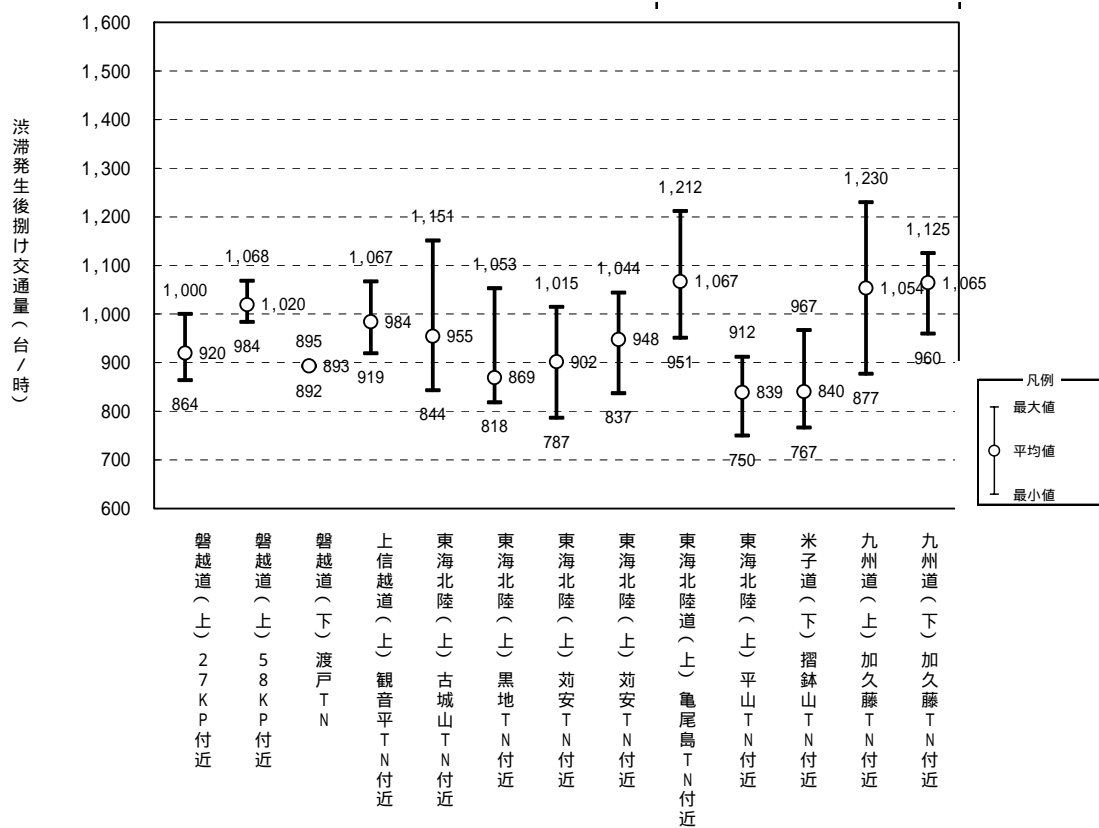


図 4-1-1(2) ボトルネック毎の渋滞発生後捌け交通量(平均値・最大値・最小値)

(2) 解析の前提条件

多変量解析を行う際、目的変数、説明変数を表 4-1-3、図 4-1-2 のとおりとする。

表 4-1-3 多変量解析に使用する影響変数一覧

変数	項目	単位	平均 交通容量 使用時	渋滞発生日個々の 全サンプル交通容量使用時		備考
				道路構造	交通特性考慮	
目的 変数	渋滞発生時 交通量	台/時				昼間：晴天時 15 分フロー値
	渋滞発生後 捌け交通量	台/時				昼間：晴天時 平均フロー値
説明 変数	上流側縦断勾配	%				
	下流側縦断勾配	%				
	縦断勾配差	%				
	縦断曲線半径	m				
	縦断曲線長	m				
	上流側勾配区間長	m				
	下流側勾配区間長	m				
	上流側単路区間長	m				
	上流側付加車線延長	m				
	トンネル要因	有無				
	大型車混入率、	%	-	-		交通特性考慮
	渋滞発生時間帯	h	-	-		
	渋滞時間	h	-	-		

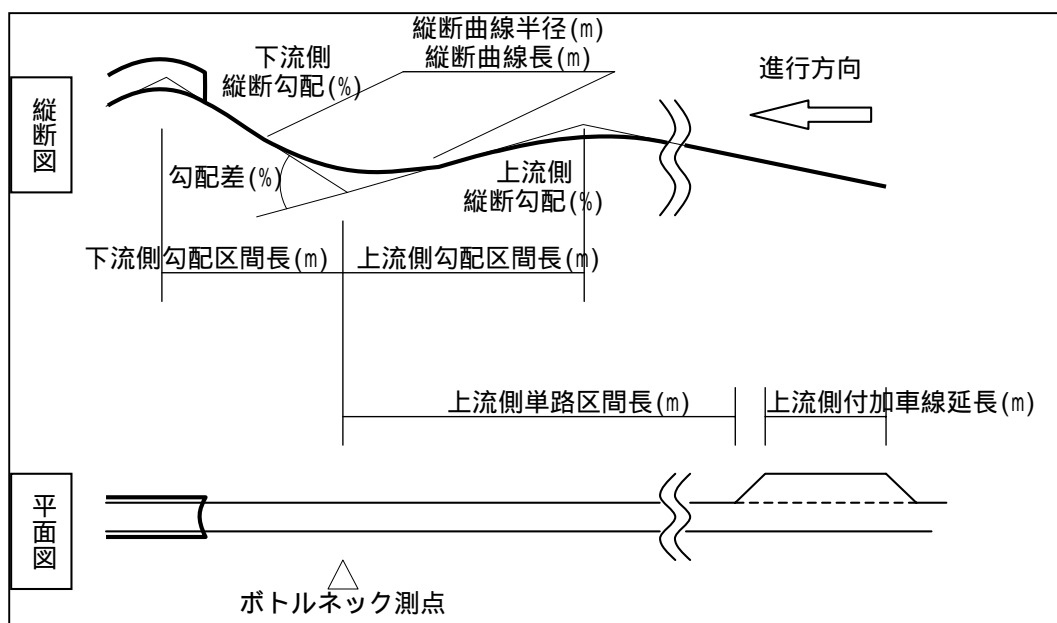


図 4-1-2 説明変数に用いた道路構造の概念

(3) 解析、分析手法

多くの説明変数から有用な少数個の説明変数を精選して判別式を作ることが重要である。そのため、以下に示すような変数の選択法にて分析を行う。

変数増加法

最初に最も判別に有効な説明変数（外的基準変数との相関係数が最も大きいもの）を判別式に取り入れる。次の段階では、残りの説明変数の中で最も判別に有効な説明変数を取り入れる。判別精度の改善が一定限度以上である間、この操作を繰り返す。

変数減少法

最初に全ての説明変数を含む判別式を作る。次に、その中から最も判別に有効でない説明変数を除去する。判別精度の低下が一定限度以内である間、この操作を繰り返す。

変数増減法

変数増加法では、いったん判別式に取り込まれた説明変数は除去されることはないが、後の段階になってそれまでに取り込まれた説明変数の重要性が低くなることもある。変数増減法は各段階で変数を追加した後で除去すべき説明変数がないかをチェックする。

重相関係数

重回帰分析結果の精度を表す指標の一つ。 - 1 ~ + 1 の間の値で ± 1 に近いほど相関が高い。

自由度調整済み重相関係数

サンプルの影響を排除した重相関係数。サンプル数が多くすることにより、重相関係数との差は小さくなる。

赤池情報量基準 (AIC)

AIC(Akaike's Information Criteria)とも呼ばれ、この呼び方が一般的である。

赤池の情報量基準は、回帰分析などの場合に、観測データがモデルにどの程度一致するかを表す基準である。モデルに含まれるパラメータ数が多くなればなるほど、あてはめ誤差（残差平方和）はいくらでも小さくなる。そこで、単に残差平方和の大小を比較するだけでなくパラメータ数も考慮した、以下の式で定義される値が最小となるモデルを最もよいと判断する。

$$AIC = -2 \cdot (\text{モデルの最大対数尤度}) + 2 \cdot (\text{モデルの自由パラメータ数})$$

標準誤差

推定値の標準偏差。母集団から標本を採取して統計量を求める際、標本採取の都度その統計量は偏りを持つ。標準誤差はこの時の偏りの指標のことを言う。

偏相関係数

目的変数と各説明変数について、他の説明変数の影響を除いた場合の相関係数。基準変数と個々の説明変数単独の関係の強さを示す。

有意確率

有意確率がまえもって定めた有意水準より小さい場合には、帰無仮説を棄却し、大きい場合に帰無仮説を採択する。また、t 値では t 検定による説明変数の有意性を、F 値では回帰式の有意性を示している。

4-1-2 ボトルネック毎の平均交通容量と道路構造の関係

(1) 変数間の相関関係

目的変数としたボトルネック毎の平均交通容量（渋滞発生時交通量及び渋滞発生後捌け交通量）と説明変数とした道路構造について、相関関係を目的変数毎に整理した。

表 4-1-4 ボトルネック毎の平均渋滞発生時交通量と説明変数の相関行列

相関行列	上流側 縦断勾 配	下流側 縦断勾 配	勾配差	縦断曲 線半径	縦断曲 線長	上流側 勾配区 間長	下流側 勾配区 間長	上流側 単路区 間長	付加車 線延長	トンネ ル要因
上流側縦断勾配	1.00									
下流側縦断勾配	-0.57	1.00								
勾配差	-0.61	0.27	1.00							
縦断曲線半径	-0.56	0.23	0.89	1.00						
縦断曲線長	-0.30	0.03	0.55	0.30	1.00					
上流側勾配区間長	0.59	-0.33	-0.23	-0.30	-0.39	1.00				
下流側勾配区間長	0.59	-0.39	-0.36	-0.41	-0.51	0.71	1.00			
上流側単路区間長	-0.32	0.54	0.39	0.30	0.08	-0.10	-0.26	1.00		
付加車線延長	0.54	-0.51	0.02	-0.01	0.12	0.03	0.42	-0.18	1.00	
トンネル要因	0.10	-0.58	-0.11	-0.29	0.22	0.13	0.24	-0.15	0.12	1.00
渋滞発生時交通量	0.39	-0.62	-0.06	0.03	-0.06	0.15	0.09	-0.41	0.53	-0.02

表 4-1-5 ボトルネック毎の平均渋滞発生後捌け交通量と説明変数の相関行列

相関行列	上流側 縦断勾 配	下流側 縦断勾 配	勾配差	縦断曲 線半径	縦断曲 線長	上流側 勾配区 間長	下流側 勾配区 間長	上流側 単路区 間長	付加車 線延長	トンネ ル要因
上流側縦断勾配	1.00									
下流側縦断勾配	-0.57	1.00								
勾配差	-0.61	0.27	1.00							
縦断曲線半径	-0.56	0.23	0.89	1.00						
縦断曲線長	-0.30	0.03	0.55	0.30	1.00					
上流側勾配区間長	0.59	-0.33	-0.23	-0.30	-0.39	1.00				
下流側勾配区間長	0.59	-0.39	-0.36	-0.41	-0.51	0.71	1.00			
上流側単路区間長	-0.32	0.54	0.39	0.30	0.08	-0.10	-0.26	1.00		
付加車線延長	0.54	-0.51	0.02	-0.01	0.12	0.03	0.42	-0.18	1.00	
トンネル要因	0.10	-0.58	-0.11	-0.29	0.22	0.13	0.24	-0.15	0.12	1.00
渋滞発生後捌け交通量	0.45	-0.37	0.02	0.06	0.15	0.07	-0.01	-0.33	0.54	-0.36

(2) ボトルネック毎の平均交通容量と道路構造の単相関分析

(1) で示した交通容量と相関係数が比較的高い道路構造について、単相関分析を行った。

1) 渋滞発生時交通量と下流側縦断勾配

- ・ 下流側縦断勾配が大きくなるほど、渋滞発生時交通量が低下する傾向がみられる。

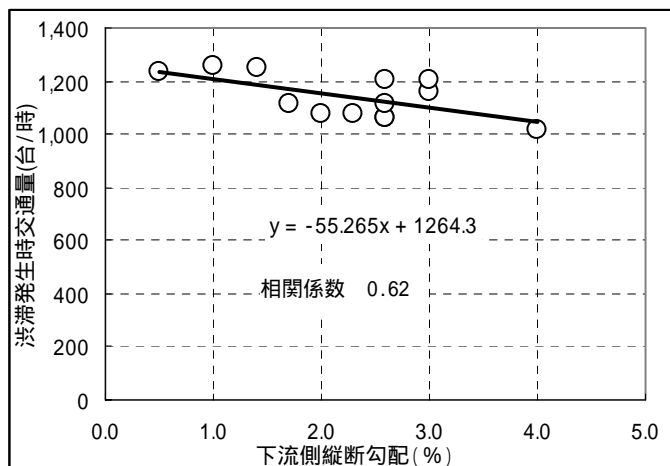


図 4-1-3(1) ボトルネック毎の平均渋滞発生時交通量と道路構造の単相関

2) 渋滞発生時交通量と上流側単路区間長

- ・ 上流側単路区間長が長くなるほど、渋滞発生時交通量が低下する傾向がみられる。

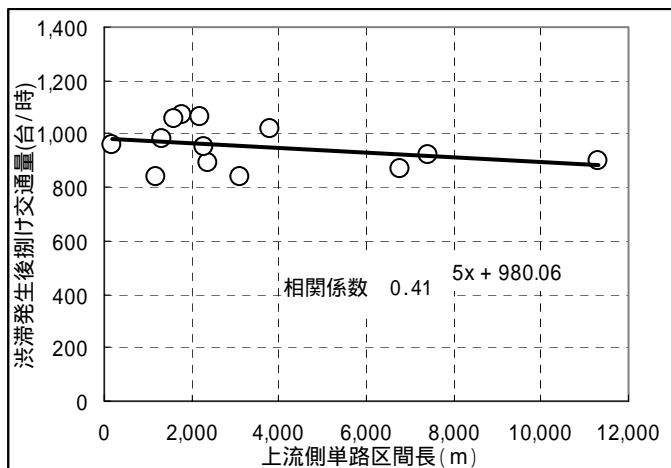


図 4-1-3(2) ボトルネック毎の平均渋滞発生時交通量と道路構造の単相関

3) 渋滞発生時交通量と付加車線延長

- ・ 上流側付加車線設置延長が短くなるほど、渋滞発生時交通量が低下する傾向がみられる。

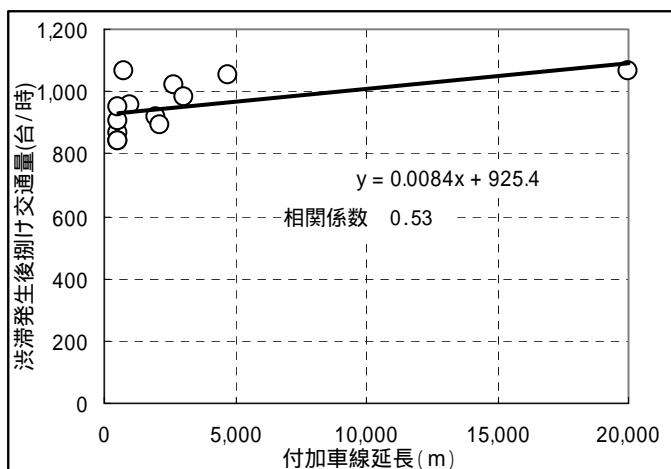


図 4-1-3(3) ボトルネック毎の平均渋滞発生時交通量と道路構造の単相関

4) 渋滞発生後捌け交通量と下流側縦断勾配

- ・下流側縦断勾配が大きくなるほど、渋滞発生後捌け交通量が低下する傾向がみられる。

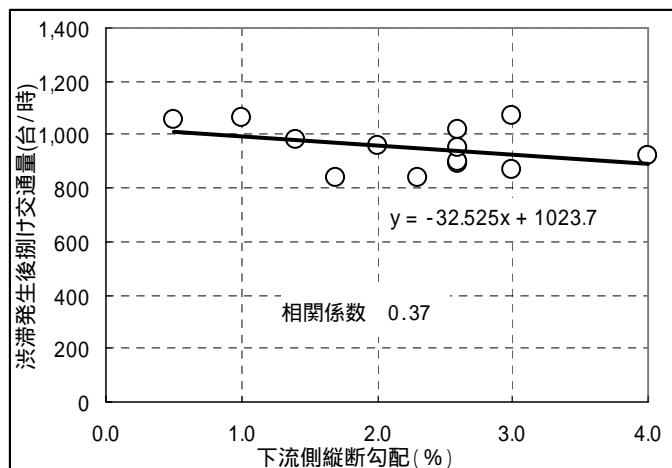


図 4-1-4(1) ボトルネック毎の平均渋滞発生後捌け交通量と道路構造の単相関

5) 渋滞発生後捌け交通量と上流側単路区間長

- ・上流側単路区間長が長くなるほど、渋滞発生後捌け交通量が低下する傾向がみられる。

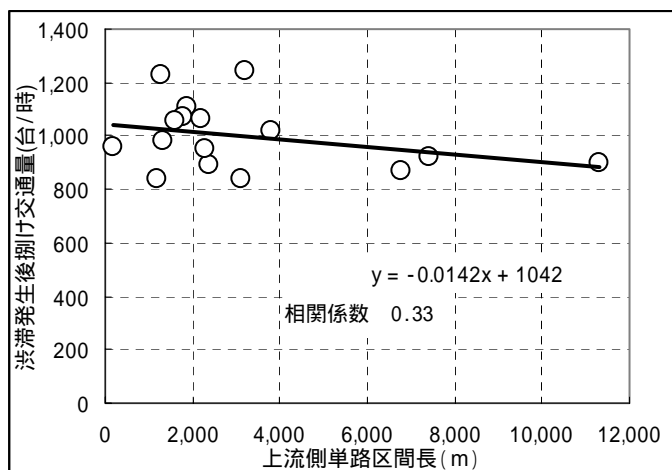


図 4-1-4(2) ボトルネック毎の平均渋滞発生後捌け交通量と道路構造の単相関

6) 渋滞発生後捌け交通量と付加車線延長

- ・付加車線設置延長が短くなるほど、渋滞発生後捌け交通量が低下する傾向がみられる。

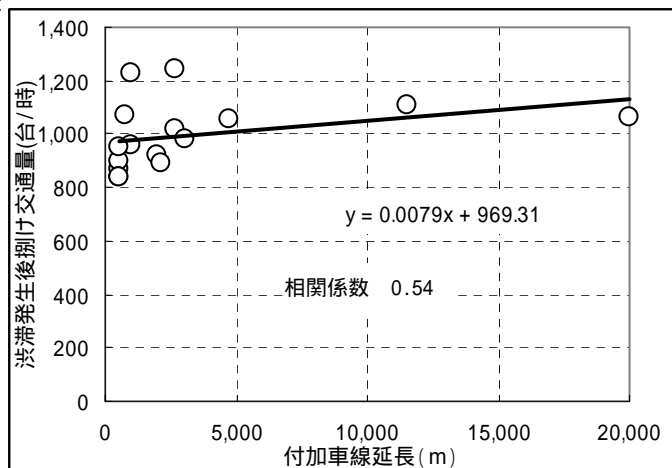


図 4-1-4(3) ボトルネック毎の平均渋滞発生後捌け交通量と道路構造の単相関

(3) ボトルネック毎の平均交通容量と道路構造の多変量解析

表 4-1-3 で示した目的変数と説明変数を用いて多変量解析を行う。解析は、渋滞発生時交通量と道路構造、渋滞発生後捌け交通量と道路構造との関係それぞれについて行った。

1) ボトルネック毎の平均渋滞発生時交通量と道路構造との関係

ボトルネック毎の平均渋滞発生時交通量と道路構造の関係を示すため、変数増減法による多変量解析を行う。表 4-1-6 に解析結果表、分析結果表および分散分析表を示す。

表 4-1-6(1) ボトルネック毎の平均渋滞発生時交通量と道路構造による解析結果(変数増減法)

変数選択方法	選択された説明変数	重相関係数	決定係数	自由度調整済決定係数	赤池情報量基準
変数増減法	・下流側縦断勾配 ・トンネル要因	0.77	0.60	0.52	107.8

表 4-1-6(2) ボトルネック毎の平均渋滞発生時交通量と道路構造による解析結果(分析結果表)

説明変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	t 値	有意確率	標準誤差	偏相関係数
定数項	1,412.3		18.305	0.00	77.153	
下流側縦断勾配	-84.414	-0.951	3.875	0.00	21.787	-0.775
トンネル要因	-106.85	-0.567	2.311	0.04	45.234	-0.590

分散分析表より、解析結果は 1%有意水準で有意である。

表 4-1-6(3) ボトルネック毎の平均渋滞発生時交通量と道路構造による解析結果(分散分析表)

要因	残差平方和	自由度	平均平方	F 値	有意確率
回帰変動	49196	2	24598	7.51	0.01
残差変動	32757	10	3275.7		
全体変動	81953	12			

また、変数減少法による多変量解析を行う。表 4-1-7 に解析結果表、分析結果表および分散分析表を示す。

表 4-1-7(1) ボトルネック毎の平均渋滞発生時交通量と道路構造による解析結果(変数減少法)

変数選択方法	選択された説明変数	重相関係数	決定係数	自由度調整済決定係数	赤池情報量基準
変数減少法 (説明変数 5)	<ul style="list-style-type: none"> ・縦断曲線長 ・上、下流側勾配区間長 ・上流側単路区間長 ・付加車線延長 	0.86	0.74	0.55	108.3

表 4-1-7(2) ボトルネック毎の平均渋滞発生時交通量と道路構造による解析結果(分析結果表)

説明変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	t 値	有意確率	標準誤差	偏相関係数
定数項	1250.8		17.15	0.00	72.94	
縦断曲線長	-0.24397	-0.46	1.83	0.11	0.13	-0.57
上流側勾配区間長	0.11869	0.75	2.47	0.04	0.05	0.68
下流側勾配区間長	-0.077151	-1.20	3.02	0.02	0.03	-0.75
上流側単路区間長	-0.011237	-0.43	2.13	0.07	0.01	-0.63
付加車線延長	0.015500	0.99	3.79	0.01	0.00	0.82

分散分析表より、解析結果は 5%有意水準で有意である。

表 4-1-7(3) ボトルネック毎の平均渋滞発生時交通量と道路構造による解析結果(分散分析表)

要因	残差平方和	自由度	平均平方	F 値	有意確率
回帰変動	60565	5	12113	3.96	0.05
残差変動	21388	7	3055.4		
全体変動	81953	12			

多変量解析結果から、赤池情報量基準が小さい変数増減法による回帰式が、変数減少法による回帰式より、渋滞発生時交通量と道路構造の関係を精度よく導き出している。

また、第 3 章に述べたが付加車線延長は渋滞発生時交通量に影響を与えており、変数減少法による回帰式により、上流側単路区間長も渋滞発生時交通量に影響を与えていると判断できる。そのため、第 5 章にて付加車線設置による車群分散効果と上流側単路区間長による車群形成の観点から、渋滞発生時交通量と付加車線と上流側単路区間長との関係を導き出すこととする。

2) ボトルネック毎の平均渋滞発生後捌け交通量と道路構造との関係

ボトルネック毎の平均渋滞発生後捌け交通量と道路構造の関係を示すため、変数減少法による多変量解析を行った。表 4-1-8 に解析結果表、分析結果表および分散分析表を示す。

表 4-1-8(1) ボトルネック毎の平均渋滞発生後捌け交通量と道路構造による解析結果

変数選択方法	選択された説明変数	重相関係数	決定係数	自由度調整済決定係数	赤池情報量基準
変数減少法	・下流側縦断勾配 ・トンネル要因	0.79	0.63	0.56	106.6

表 4-1-8(2) ボトルネック毎の平均渋滞発生後捌け交通量と道路構造による解析結果(分析結果表)

説明変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	t 値	有意確率	標準誤差	偏相関係数
定数項	1247.5		16.92	0.00	73.71	
下流側縦断勾配	-76.667	-0.869	3.68	0.00	20.82	-0.76
トンネル要因	-161.61	-0.863	3.66	0.00	44.17	-0.76

分散分析表より、解析結果は 1%有意水準で有意である。

表 4-1-8(3) ボトルネック毎の平均渋滞発生後捌け交通量と道路構造による解析結果(分散分析表)

要因	残差平方和	自由度	平均平方	F 値	有意確率
回帰変動	51018	2	25509	8.53	0.01
残差変動	29903	10	2990.0		
全体変動	80921	12			

3) 推定値と実測値の関係

(1) ~ (3) の結果から、道路構造によるボトルネック交通容量の確定的推定方法を示す。

渋滞発生時交通量の推定値と実測値の関係を図 4-1-5 ~ 図 4-1-6 に、渋滞発生後捌け交通量の推定値と実測値の関係を図 4-1-7 に示す。

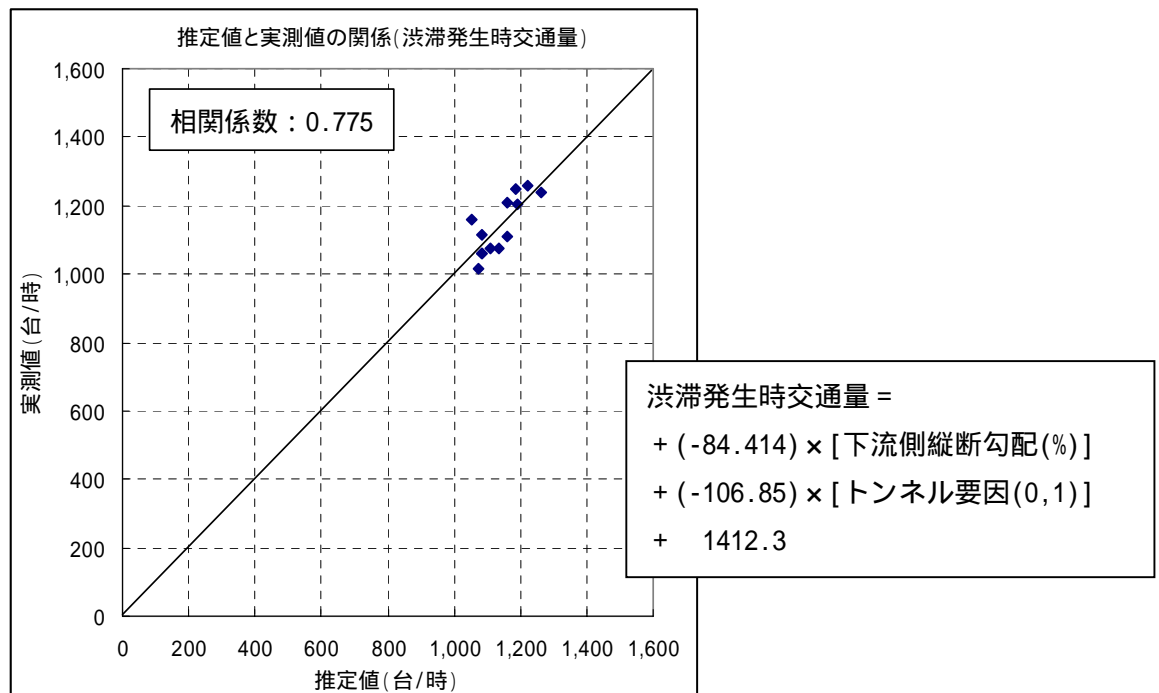


図 4-1-5 ボトルネック毎の平均渋滞発生時交通量の推定値と実測値の関係 (変数増減法)

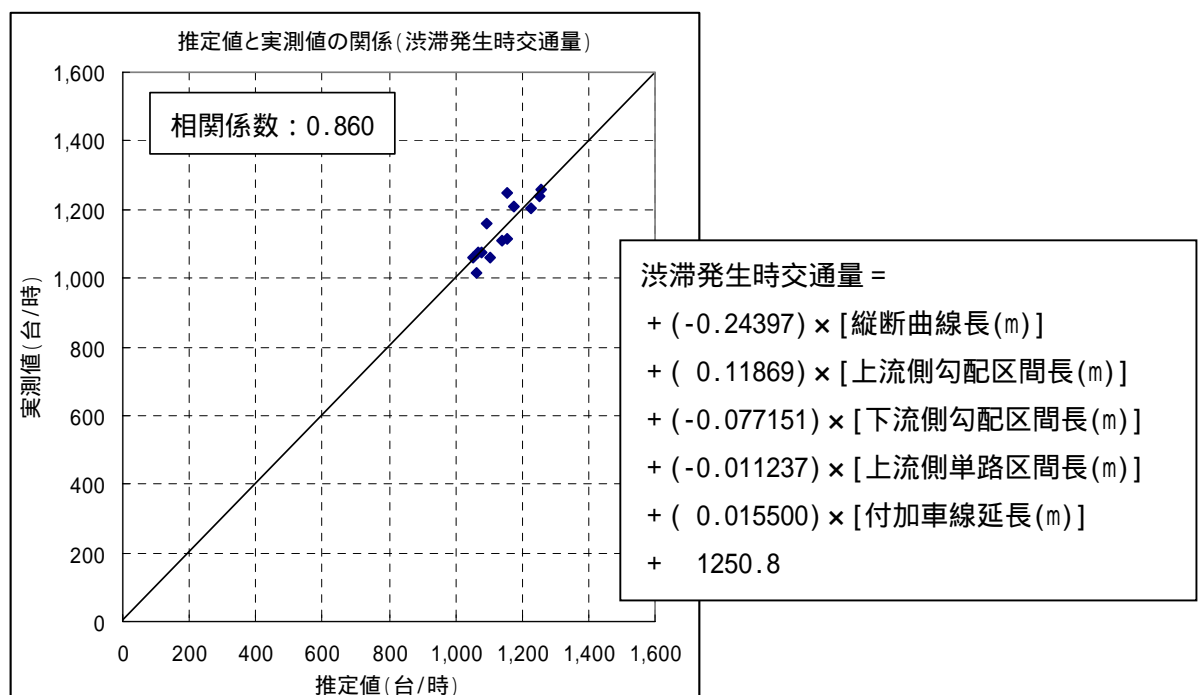


図 4-1-6 ボトルネック毎の平均渋滞発生時交通量の推定値と実測値の関係 (変数減少法)

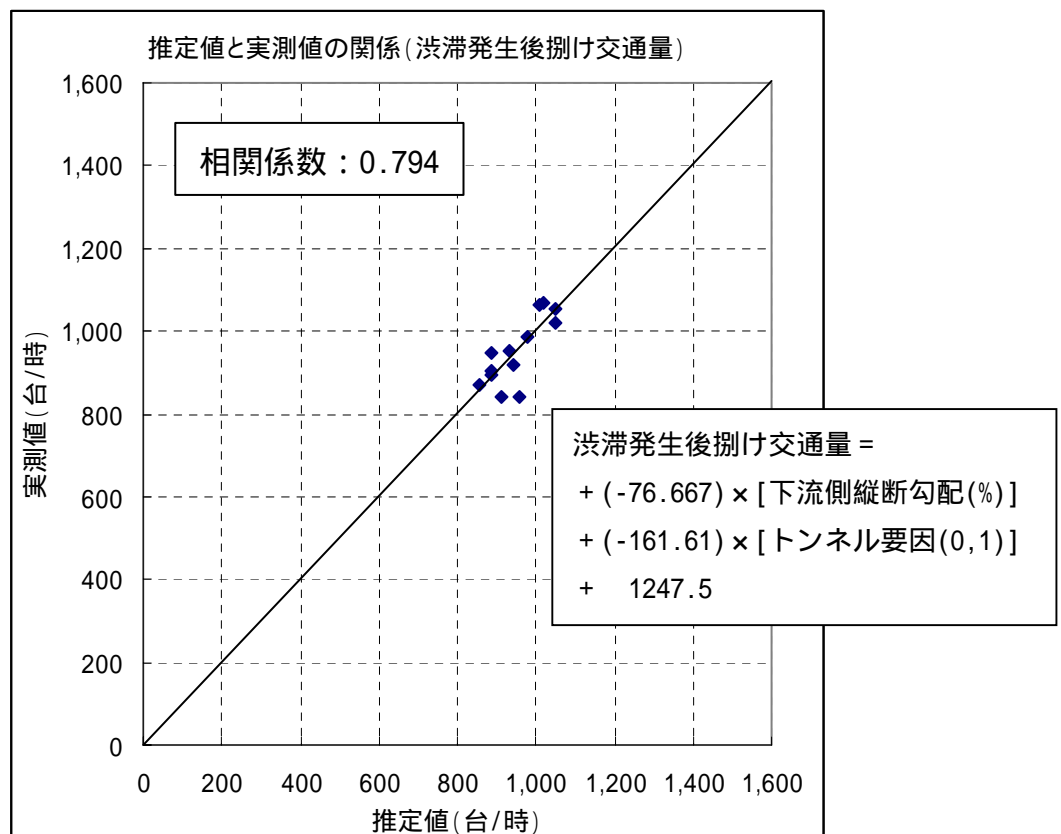


図 4-1-7 ボトルネック毎の平均渋滞発生後捌け交通量の推定値と実測値の関係

4-1-3 ボトルネックの全サンプル交通容量と道路構造の関係

(1) 変数間の相関関係

目的変数としたボトルネックにおける渋滞発生日個々の交通容量データを用いた全サンプルの交通容量と説明変数とした道路構造について、相関関係を目的変数毎に整理した。

表 4-1-9 ボトルネックの全サンプル渋滞発生時交通容量と説明変数間の相関行列

相関行列	上流側 縦断勾 配	下流側 縦断勾 配	勾配差	縦断曲 線半径	縦断曲 線長	上流側 勾配区 間長	下流側 勾配区 間長	上流側 単路区 間長	付加車 線延長	トンネ ル要因
上流側縦断勾配	1.00									
下流側縦断勾配	-0.71	1.00								
勾配差	-0.35	0.00	1.00							
縦断曲線半径	-0.33	-0.01	0.86	1.00						
縦断曲線長	-0.25	-0.07	0.76	0.52	1.00					
上流側勾配区間長	0.70	-0.47	-0.30	-0.35	-0.46	1.00				
下流側勾配区間長	0.71	-0.48	-0.50	-0.54	-0.60	0.72	1.00			
上流側単路区間長	-0.28	0.36	0.20	0.10	0.09	-0.18	-0.26	1.00		
付加車線延長	0.63	-0.59	0.10	0.05	0.16	0.06	0.46	-0.17	1.00	
トンネル要因	0.05	-0.46	0.03	-0.18	0.17	0.06	0.15	0.07	0.12	1.00
渋滞発生時交通量	0.40	-0.39	0.05	0.12	0.05	0.19	0.16	-0.31	0.40	-0.16

表 4-1-10 ボトルネックの全サンプル渋滞発生後捌け交通量と説明変数間の相関行列

相関行列	上流側 縦断勾 配	下流側 縦断勾 配	勾配差	縦断曲 線半径	縦断曲 線長	上流側 勾配区 間長	下流側 勾配区 間長	上流側 単路区 間長	付加車 線延長	トンネ ル要因
上流側縦断勾配	1.00									
下流側縦断勾配	-0.73	1.00								
勾配差	-0.37	0.03	1.00							
縦断曲線半径	-0.66	0.29	0.34	1.00						
縦断曲線長	-0.27	-0.05	0.76	0.55	1.00					
上流側勾配区間長	0.71	-0.50	-0.27	-0.94	-0.44	1.00				
下流側勾配区間長	0.71	-0.49	-0.50	-0.76	-0.60	0.72	1.00			
上流側単路区間長	-0.30	0.36	0.23	0.10	0.10	-0.18	-0.28	1.00		
付加車線延長	0.63	-0.59	0.08	-0.12	0.14	0.08	0.47	-0.18	1.00	
トンネル要因	0.03	-0.44	0.06	0.07	0.19	0.06	0.13	0.08	0.11	1.00
渋滞発生後捌け交通量	0.42	-0.30	0.15	-0.10	0.26	0.13	0.02	-0.30	0.42	-0.34

(2) ボトルネックの全サンプル交通容量と道路構造の単相関分析

(1) で示した交通容量と相関係数が比較的高い道路構造について、単相関分析を行う。

1) 渋滞発生時交通量と下流側縦断勾配

- ・ 下流側縦断勾配が大きくなるほど、渋滞発生時交通量が低下する傾向がみられる。

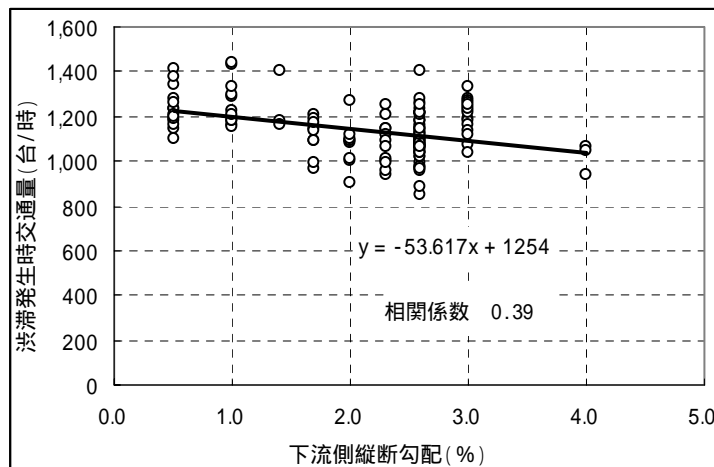


図 4-1-8(1) ボトルネックの全サンプル渋滞発生時交通量と道路構造の単相関

2) 渋滞発生時交通量と上流側単路区間長

- ・ 上流側単路区間長が長くなるほど、渋滞発生時交通量が低下する傾向がみられる。

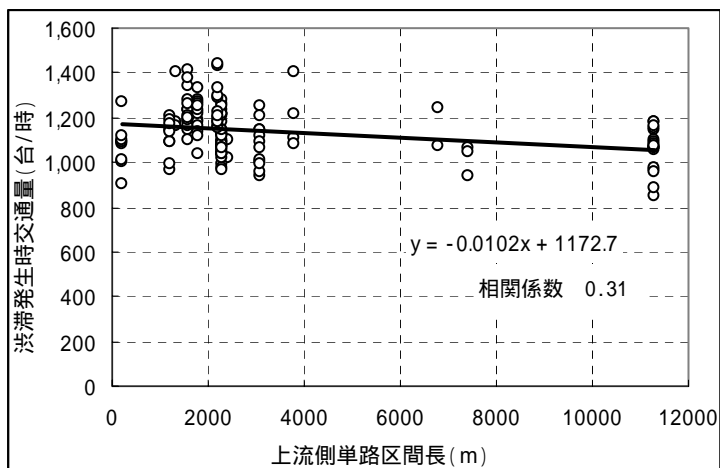


図 4-1-8(2) ボトルネックの全サンプル渋滞発生時交通量と道路構造の単相関

3) 渋滞発生時交通量と付加車線延長

- ・ 上流側付加車線設置延長が短くなるほど、渋滞発生時交通量が低下する傾向がみられる。

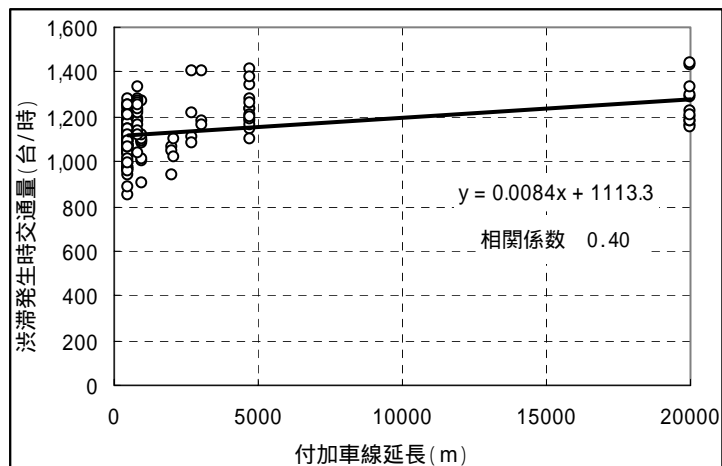


図 4-1-8(3) ボトルネックの全サンプル渋滞発生時交通量と道路構造の単相関

4) 渋滞発生後捌け交通量と下流側縦断勾配

- ・下流側縦断勾配が大きくなるほど、渋滞発生後捌け交通量が低下する傾向がみられる。

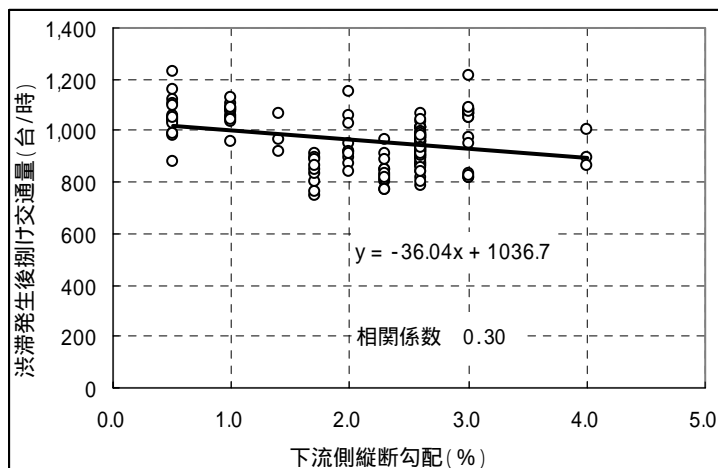


図 4-1-9(1) ボトルネックの全サンプル渋滞発生後捌け交通量と道路構造の単相関

5) 渋滞発生後捌け交通量と上流側単路区間長

- ・上流側単路区間長が長くなるほど、渋滞発生後捌け交通量が低下する傾向がみられる。

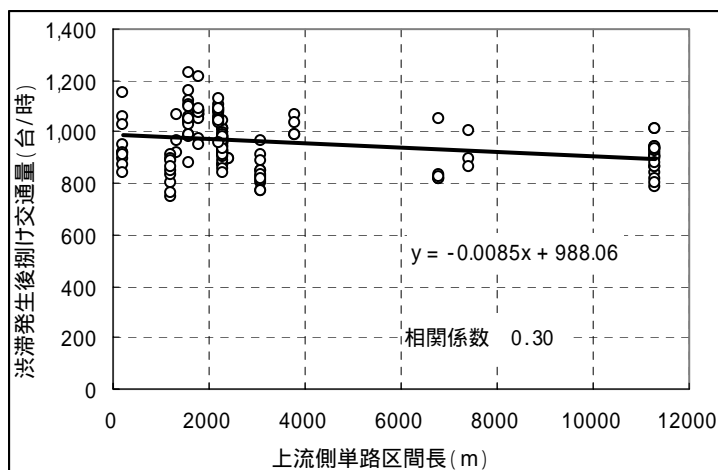


図 4-1-9(2) ボトルネックの全サンプル渋滞発生後捌け交通量と道路構造の単相関

6) 渋滞発生後捌け交通量と付加車線延長

- ・付加車線設置延長が短くなるほど、渋滞発生後捌け交通量が低下する傾向がみられる。

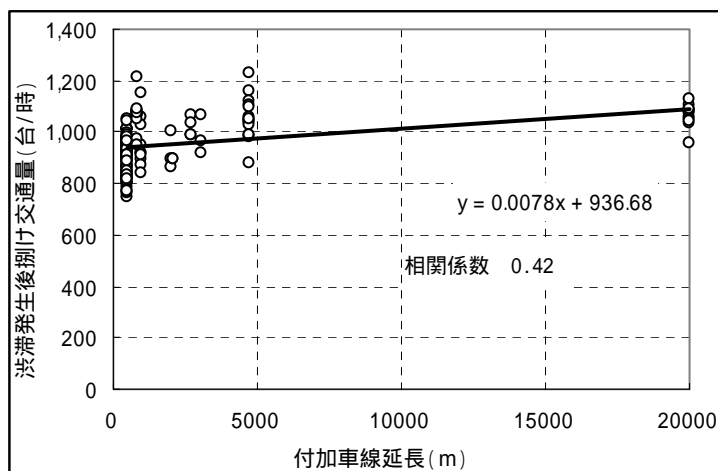


図 4-1-9(3) ボトルネックの全サンプル渋滞発生後捌け交通量と道路構造の単相関

(3) ボトルネックの全サンプル交通容量と道路構造による多変量解析

表 4-1-3 で示した目的変数および説明変数を用いて多変量解析を行う。解析は、渋滞発生時交通量と道路構造、渋滞発生後捌け交通量と道路構造との関係それぞれについて行った。

1) ボトルネックの全サンプル渋滞発生時交通量と道路構造との関係

ボトルネックの全サンプル渋滞発生時交通量と道路構造の関係を示すため、変数減少法による多変量解析を行う。表 4-1-11 に解析結果表、分析結果表および分散分析表を示す。

表 4-1-11(1) 全サンプル渋滞発生時交通量と道路構造による解析結果

変数選択方法	選択された説明変数	重相関係数	決定係数	自由度調整済決定係数	赤池情報量基準
変数減少法 (説明変数 8)	・上下流側縦断勾配、勾配差 ・上下流側勾配区間長 ・上流側単路区間長 ・付加車線延長 ・トンネル要因	0.62	0.39	0.35	1273.1

表 4-1-11(2) 全サンプル渋滞発生時交通量と道路構造による解析結果(分析結果表)

説明変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	t 値	有意確率	標準誤差	偏相関係数
定数項	1339.2		16.43	0.00	81.50	
上流側縦断勾配	-59.661	-1.01	2.58	0.01	23.13	-0.22
下流側縦断勾配	-40.831	-0.29	1.91	0.06	21.37	-0.16
勾配差	-51.902	-0.55	2.66	0.01	19.49	-0.23
上流側勾配区間長	0.26054	1.26	3.25	0.00	0.08	0.27
下流側勾配区間長	-0.089646	-1.06	3.60	0.00	0.02	-0.30
上流側単路区間長	-0.00062414	-0.19	2.28	0.02	0.00	-0.20
付加車線延長	0.0027736	1.33	3.65	0.00	0.01	0.30
トンネル要因	-89.579	-0.28	2.91	0.00	30.77	-0.25

分散分析表より、解析結果は 1%有意水準で有意である。

表 4-1-11(3) 全サンプル渋滞発生時交通量と道路構造による解析結果(分散分析表)

要因	残差平方和	自由度	平均平方	F 値	有意確率
回帰変動	685772.1	8	85721.51	10.25	0.00
残差変動	1095424	131	8362.013		
全体変動	1781196	139			

2) ボトルネックの全サンプル渋滞発生後捌け交通量と道路構造との関係

ボトルネックの全サンプル渋滞発生後捌け交通量と道路構造の関係を示すため、変数減少法による多変量解析を行う。表 4-1-12 に解析結果表、分析結果表および分散分析表を示す。

表 4-1-12(1) 全サンプル渋滞発生後捌け交通量と道路構造による解析結果

変数選択方法	選択された説明変数	重相関係数	決定係数	自由度調整済決定係数	赤池情報量基準
変数減少法 (説明変数 8)	<ul style="list-style-type: none"> ・下流側縦断勾配、勾配差 ・縦断曲線半径 ・縦断曲線長 ・下流側勾配区間長 ・上流側勾配区間長 ・付加車線延長、トンネル要因 	0.76	0.58	0.56	1284.1

表 4-1-12(2) 全サンプル渋滞発生後捌け交通量と道路構造による解析結果(分析結果表)

説明変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	t 値	有意確率	標準誤差	偏相関係数
定数項	1250.0		22.19	0.00	56.33	
下流側縦断勾配	-35.261	-0.30	3.29	0.00	10.72	-0.26
勾配差	-15.920	-0.20	2.25	0.03	7.088	-0.18
縦断曲線半径	-80357	-0.45	4.14	0.00	19395	-0.33
縦断曲線長	0.29200	0.39	3.42	0.01	0.08534	0.27
下流側勾配区間長	-0.037682	-0.51	3.24	0.00	0.01164	-0.26
上流側単路区間長	-0.0048554	-0.17	2.60	0.01	0.001869	-0.21
付加車線延長	0.0076128	0.41	4.18	0.00	0.001823	0.33
トンネル要因	-128.00	-0.47	6.17	0.00	20.76	-0.46

分散分析表より、解析結果は 1%有意水準で有意である。

表 4-1-12(2) 全サンプル渋滞発生後捌け交通量と道路構造による解析結果(分散分析表)

要因	残差平方和	自由度	平均平方	F 値	有意確率
回帰変動	824172	8	103021.5	24.6994	0.00
残差変動	600626	144	4171.01		
全体変動	1424797	152			

(4) 推定値と実測値の関係

(1) ~ (3) の結果から重回帰式による推定値と実測値との関係を示す。

ボトルネックの全サンプル渋滞発生時交通量の推定値と実測値の関係を図 4-1-10 に、渋滞発生後捌け交通量の推定値と実測値の関係を図 4-1-11 に示す。

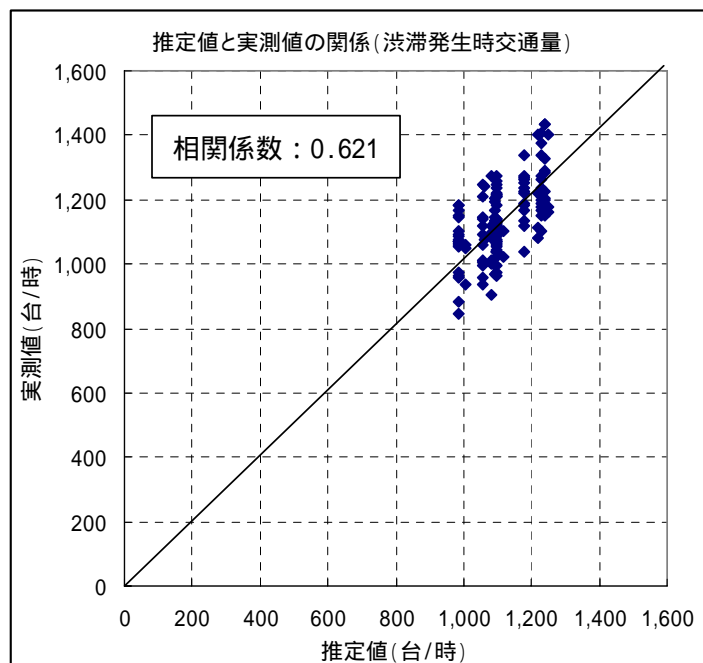


図 4-1-10 全サンプル渋滞発生時交通量の推定値と実測値の関係

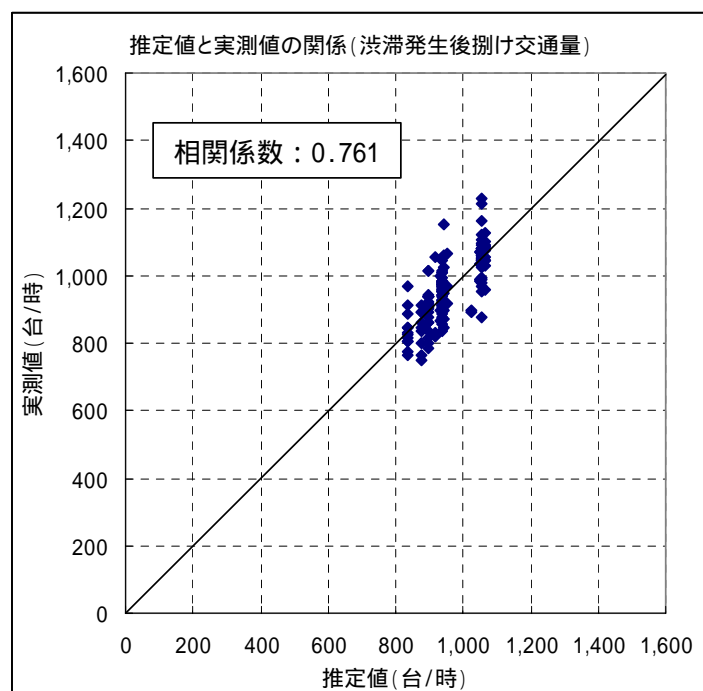


図 4-1-11 全サンプル渋滞発生後捌け交通量の推定値と実測値の関係

4-1-4 ボトルネックの全サンプル交通容量と道路構造および交通特性の関係

ボトルネックの全サンプル交通容量と道路構造との関係の他に、同一ボトルネックの交通容量のばらつきを説明するために、新たに交通特性を説明変数とし追加した。

新たに追加した説明変数：大型車混入率（％）、渋滞発生時間帯、渋滞時間

渋滞発生時間帯：例 AM0:00 0.00、AM6:00 0.25、PM0:00 0.50、PM6:00 0.75

渋滞時間：例 渋滞発生～終了 1 時間 1.00、1 時間 30 分 1.50

(1) 変数間の相関関係

目的変数としたボトルネックの全サンプル交通容量と道路構造および交通特性について、相関関係を目的変数毎に整理した。

表 4-1-13 全サンプル渋滞発生時交通量と交通特性を含めた説明変数間の相関行列

相関行列	上流側縦断勾配	下流側縦断勾配	勾配差	縦断曲線半径	縦断曲線長	上流側勾配区間長	下流側勾配区間長	上流側単路区間長	付加車線延長	トンネル要因	大型車混入率	渋滞発生時間帯
上流側縦断勾配	1.00											
下流側縦断勾配	-0.71	1.00										
勾配差	-0.35	0.00	1.00									
縦断曲線半径	-0.33	-0.01	0.86	1.00								
縦断曲線長	-0.25	-0.07	0.76	0.52	1.00							
上流側勾配区間長	0.70	-0.47	-0.30	-0.35	-0.46	1.00						
下流側勾配区間長	0.71	-0.48	-0.50	-0.54	-0.60	0.72	1.00					
上流側単路区間長	-0.28	0.36	0.20	0.10	0.09	-0.18	-0.26	1.00				
付加車線延長	0.63	-0.59	0.10	0.05	0.16	0.06	0.46	-0.17	1.00			
トンネル要因	0.05	-0.46	0.03	-0.18	0.17	0.06	0.15	0.07	0.12	1.00		
大型車混入率	0.09	-0.16	-0.03	-0.12	0.08	0.02	0.16	-0.25	0.14	0.12	1.00	
渋滞発生時間帯	-0.49	0.34	0.34	0.42	0.34	-0.65	-0.60	0.12	-0.14	-0.10	0.01	1.00
渋滞発生時交通量	0.40	-0.39	0.05	0.12	0.05	0.19	0.16	-0.31	0.40	-0.16	0.09	-0.15

表 4-1-14 全サンプル渋滞発生後捌け交通量と交通特性を含めた説明変数間の相関行列

変 数	上流側 縦断 勾配	下流側 縦断 勾配	勾配 差	縦断 曲線 半径	縦断 曲線 長	上流側 勾配 区間 長	下流側 勾配 区間 長	上流側 単路 区間 長	付加 車線 延長	トン ネル 要因	大型 車混 入率	渋滞 発生 時間 帯	渋滞 時間
上流側縦断勾配	1.00												
下流側縦断勾配	-0.73	1.00											
勾配差	-0.37	0.03	1.00										
縦断曲線半径	-0.66	0.29	0.34	1.00									
縦断曲線長	-0.27	-0.05	0.76	0.55	1.00								
上流側勾配区間長	0.71	-0.50	-0.27	-0.94	-0.44	1.00							
下流側勾配区間長	0.71	-0.49	-0.50	-0.76	-0.60	0.72	1.00						
上流側単路区間長	-0.30	0.36	0.23	0.10	0.10	-0.18	-0.28	1.00					
付加車線延長	0.63	-0.59	0.08	-0.12	0.14	0.08	0.47	-0.18	1.00				
トンネル要因	0.03	-0.44	0.06	0.07	0.19	0.06	0.13	0.08	0.11	1.00			
大型車混入率	-0.11	-0.04	0.23	0.11	0.25	-0.07	0.01	-0.17	0.07	0.08	1.00		
渋滞発生時間帯	-0.52	0.39	0.31	0.65	0.32	-0.67	-0.59	0.14	-0.15	-0.10	0.17	1.00	
渋滞時間	0.15	-0.20	0.03	-0.18	-0.04	0.24	0.06	0.27	0.00	0.28	-0.37	-0.49	1.00
渋滞発生後捌け	0.42	-0.30	0.15	-0.10	0.26	0.13	0.02	-0.30	0.42	-0.34	0.02	-0.01	-0.21

(2) 全サンプル交通容量と交通特性の単相関分析

(1) で示した全サンプル交通容量と渋滞発生時間帯および渋滞時間について、単相関分析を行った。

1) 渋滞発生時交通量と渋滞発生時間帯

- ・ 渋滞発生時間帯が遅くなるほど、渋滞発生時交通量が低下する傾向がみられる。

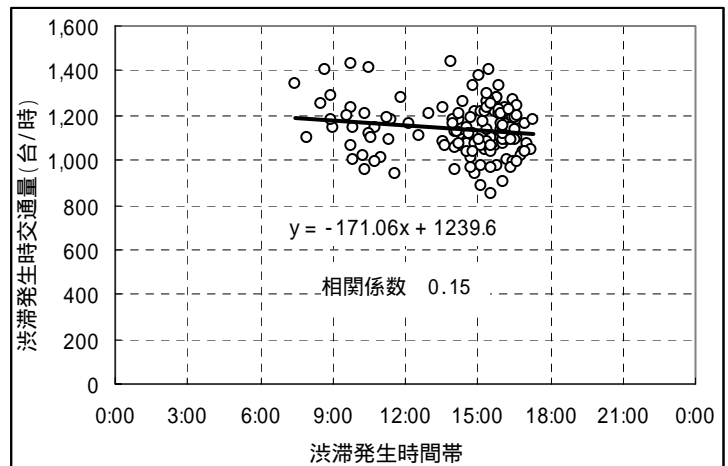


図 4-1-12(1) 全サンプル渋滞発生時交通量と交通特性の単相関

2) 渋滞発生後捌け交通量と渋滞時間

- ・ 渋滞時間が長くなるほど、渋滞発生後捌け交通量が低下する傾向がみられる。

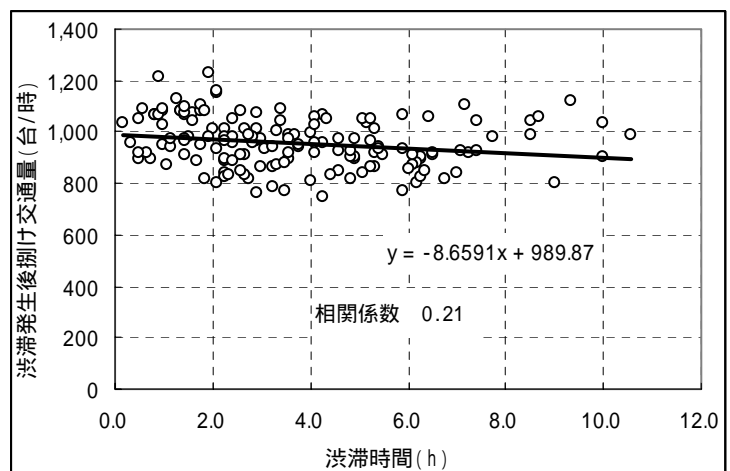


図 4-1-12(2) 全サンプル渋滞発生後捌け交通量と交通特性の単相関

(3) 全サンプル交通容量と道路構造および交通特性による多変量解析

表 4-1-3 で示した目的変数および説明変数を用いて多変量解析を行う。解析は、渋滞発生時交通量と交通特性を含めた道路構造、渋滞発生後捌け交通量と交通特性を含めた道路構造の関係それぞれについて行う。

1) 全サンプル渋滞発生時交通量と道路構造および交通特性との関係

全サンプル渋滞発生時交通量と道路構造および交通特性の関係を示すため、変数減少法による多変量解析を行う。表 4-1-15 に解析結果表、分析結果表および分散分析表を示す。

表 4-1-15(1) 全サンプル渋滞発生時交通量と道路構造および交通特性による解析結果

変数選択方法	選択された説明変数	重相関係数	決定係数	自由度調整済決定係数	赤池情報量基準
変数減少法 (説明変数 9)	<ul style="list-style-type: none"> ・上下流側縦断勾配、勾配差 ・上下流側勾配区間長 ・上流側単路区間長 ・付加車線延長 ・トンネル要因 ・大型車混入率 	0.62	0.39	0.35	1211.4

表 4-1-15(2) 全サンプル渋滞発生時交通量と道路構造および交通特性による解析結果(分析結果表)

説明変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	t 値	有意確率	標準誤差	偏相関係数
定数項	1331.5		16.28	0.00	81.81	
上流側縦断勾配	-63.287	-1.07	2.71	0.01	23.38	-0.23
下流側縦断勾配	-41.050	-0.30	1.92	0.06	21.36	-0.17
勾配差	-55.468	-0.58	2.80	0.01	19.78	-0.24
上流側勾配区間長	0.27596	1.34	3.39	0.00	0.08	0.28
下流側勾配区間長	-0.094953	-1.13	3.73	0.00	0.03	-0.31
上流側単路区間長	-0.0056816	-0.17	2.04	0.04	0.00	-0.18
付加車線延長	0.0058968	1.39	3.77	0.00	0.01	0.31
トンネル要因	-92.206	-0.29	2.99	0.00	30.86	-0.25
大型車混入率	329.21	0.08	1.04	0.30	315.64	0.09

分散分析表より、解析結果は 1%有意水準で有意である。

表 4-1-15(3) 全サンプル渋滞発生時交通量と道路構造および交通特性による解析結果(分散分析表)

要因	残差平方和	自由度	平均平方	F 値	有意確率
回帰変動	694862.7	9	77206.97	9.239252	0.0000
残差変動	1086333	130	8356.409		
全体変動	1781196	139			

2) 全サンプル渋滞発生後捌け交通量と道路構造および交通特性との関係

全サンプル渋滞発生後捌け交通量と道路構造および交通特性の関係を示すため、変数減少法による多変量解析を行う。表 4-1-16 に解析結果表、分析結果表および分散分析表を示す。

表 4-1-16(1) 全サンプル渋滞発生後捌け交通量と道路構造および交通特性による解析結果

変数選択方法	選択された説明変数	重相関係数	決定係数	自由度調整済決定係数	赤池情報量基準
変数減少法 (説明変数 6)	<ul style="list-style-type: none"> ・上下流側縦断勾配 ・縦断曲線長 ・トンネル要因 ・大型車混入率 ・渋滞時間 	0.75	0.57	0.55	1284.0

表 4-1-16(2) 全サンプル渋滞発生後捌け交通量と道路構造および交通特性による解析結果(分析結果表)

説明変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	t 値	有意確率	標準誤差	偏相関係数
定数項	1049.8		20.71	0.00	50.68	
上流側縦断勾配	19.48126	0.39	3.88	0.00	5.02	0.31
下流側縦断勾配	-29.9822	-0.25	2.36	0.02	12.69	-0.19
縦断曲線長	0.349847	0.46	7.45	0.00	0.05	0.52
トンネル要因	-134.816	-0.49	6.90	0.00	19.53	-0.50
大型車混入率	-338.636	-0.10	1.57	0.12	216.09	-0.13
渋滞時間	-8.25337	-0.20	3.14	0.00	2.63	-0.25

分散分析表より、解析結果は 1%有意水準で有意である。

表 4-1-16(3) 全サンプル渋滞発生後捌け交通量と道路構造および交通特性による解析結果(分散分析表)

要因	残差平方和	自由度	平均平方	F 値	有意確率
回帰変動	808851	6	134809	31.95	0.0000
残差変動	615946	146	4218.81		
全体変動	1424797	152			

(4) 推定値と実測値の関係

(1) ~ (3) の結果から重回帰式による推定値と実測値との関係を示す。

ボトルネックの全サンプル渋滞発生時交通量の推定値と実測値の関係を図 4-1-13 に、渋滞発生後捌け交通量の推定値と実測値の関係を図 4-1-14 に示す。

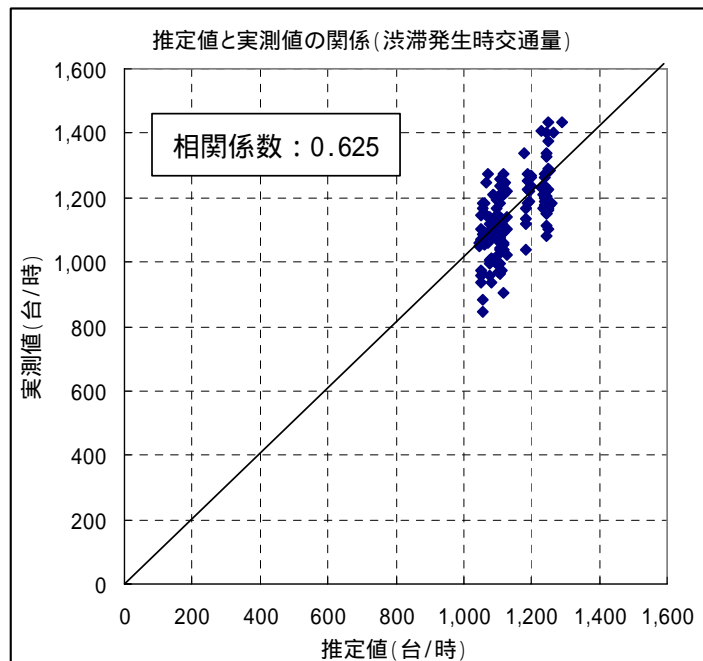


図 4-1-13 交通特性を考慮した渋滞発生時交通量の推定値と実測値の関係

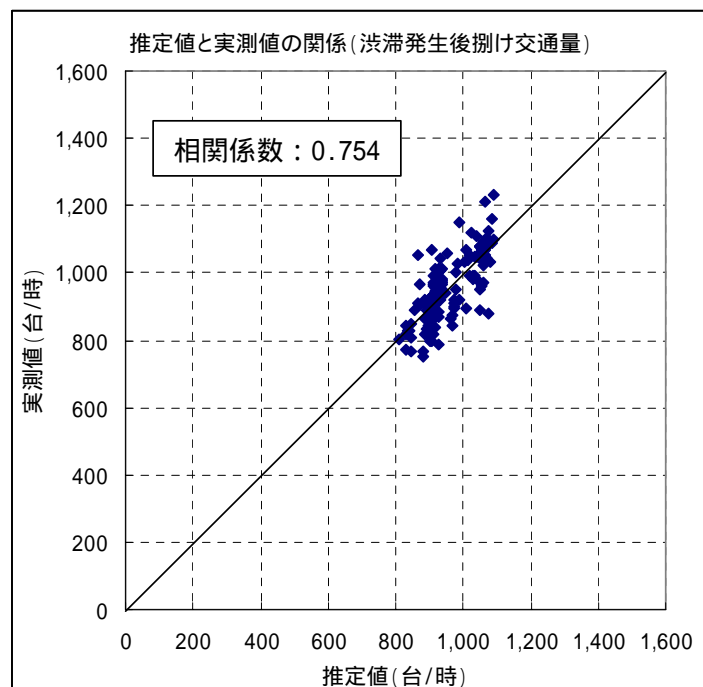


図 4-1-14 交通特性を考慮した渋滞発生後捌け交通量の推定値と実測値の関係

4-2 ボトルネックにおける渋滞発生確率分布の推定

4-1 では、ボトルネック交通容量と道路構造との関係から、ボトルネック交通容量の確定的推定方法を示したが、ここでは、過去2年間の実測交通量データから、それぞれのボトルネックにおける渋滞発生確率分布を推定することとする。

4-2-1 ボトルネックの交通量ランク別渋滞発生割合

全国の暫定2車線道路のボトルネックのうち、平成15～16年の2年間で交通渋滞発生回数の相対的に多い5箇所における交通量ランク別の渋滞発生割合を求める。なお、渋滞発生割合は、図4-2-1に示すフローように定義することとする。

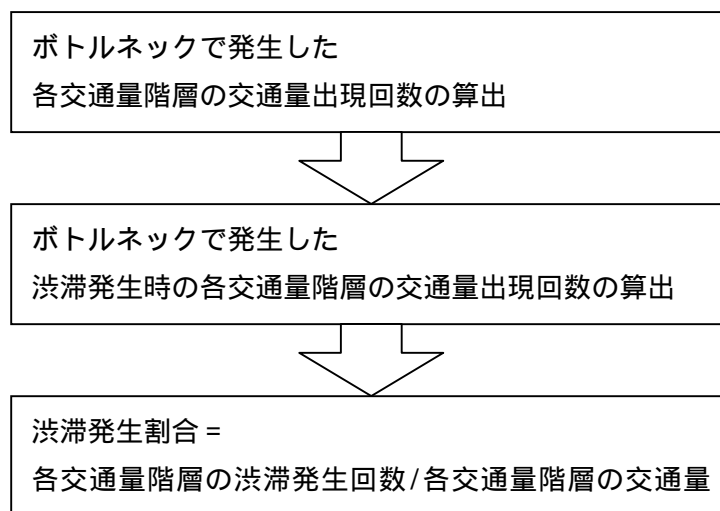


図 4-2-1 ボトルネックの渋滞発生割合

また、対象期間は2年間とし、15分間フローレート値の交通量階層を50台/時とする。

以下のボトルネックについて、交通量階層別の出現頻度、渋滞発生時の交通量階層別出現頻度および交通量階層別の渋滞発生割合を図4-2-2に示す。

- 1) 東海北陸道(上り線) 苅安 TN 付近(冬季とそれ以外)
- 2) 東海北陸道(上り線) 亀尾島 TN 付近
- 3) 米子道(下り線) 摺鉢山 TN 付近
- 4) 九州道(上り線) 加久藤 TN 付近
- 5) 九州道(下り線) 加久藤 TN 付近

(1) 東海北陸道 (上り線) 荻安 TN 付近の渋滞発生割合

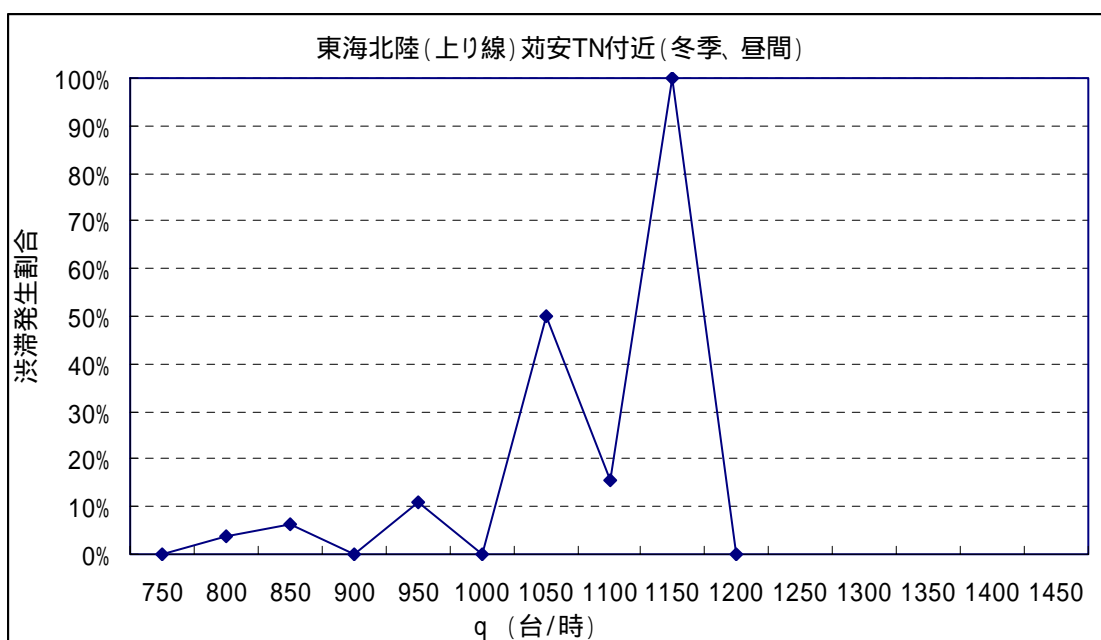
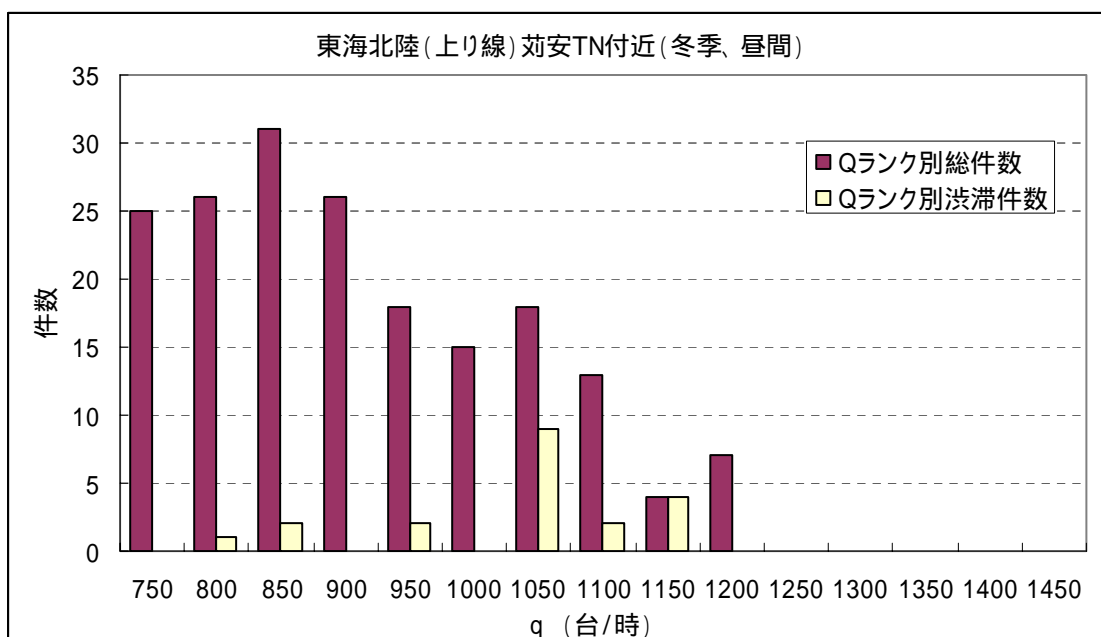


図 4-2-2(1) 荻安 TN 付近における交通量階層別の渋滞発生割合 (冬季)

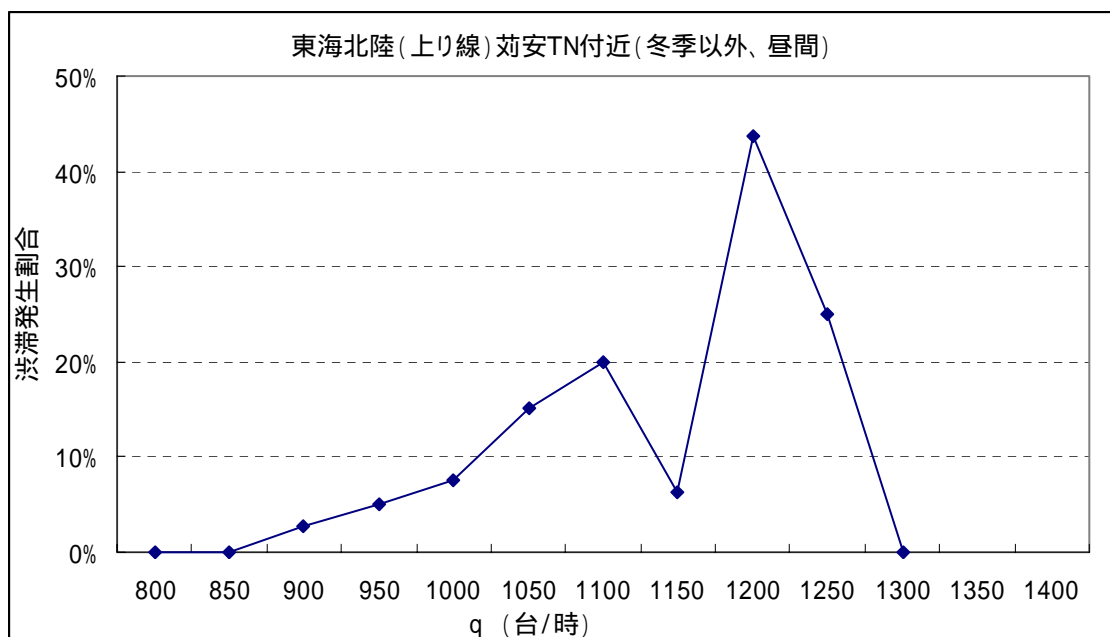
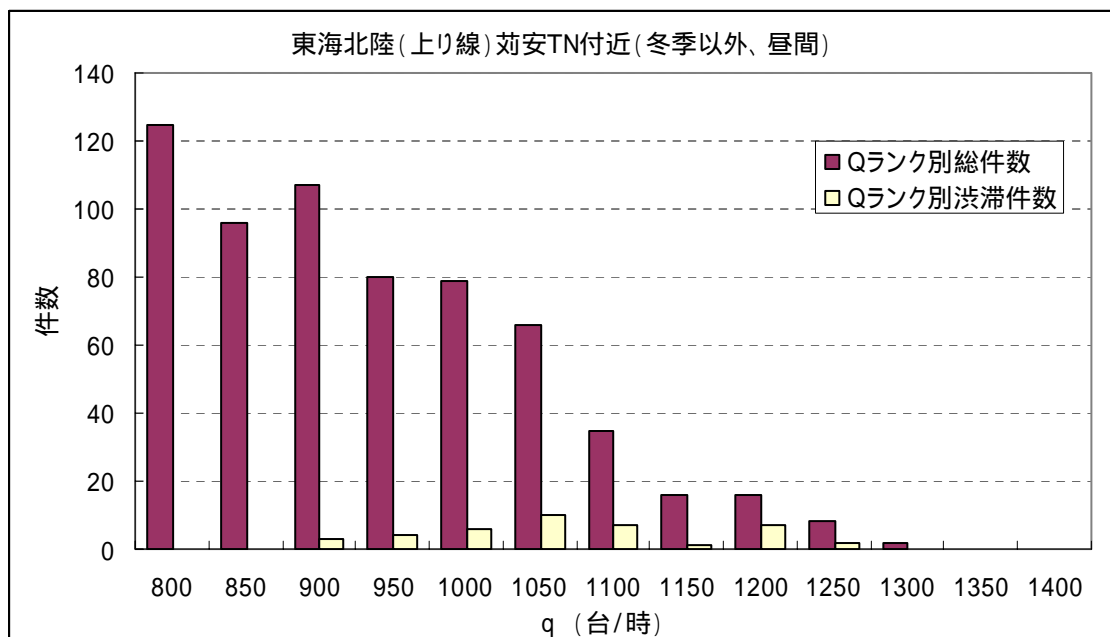


図 4-2-2(2) 苅安 TN 付近における交通量階層別の渋滞発生割合(冬季以外)

(2) 東海北陸道 (上り線) 亀尾島 TN 付近の渋滞発生割合

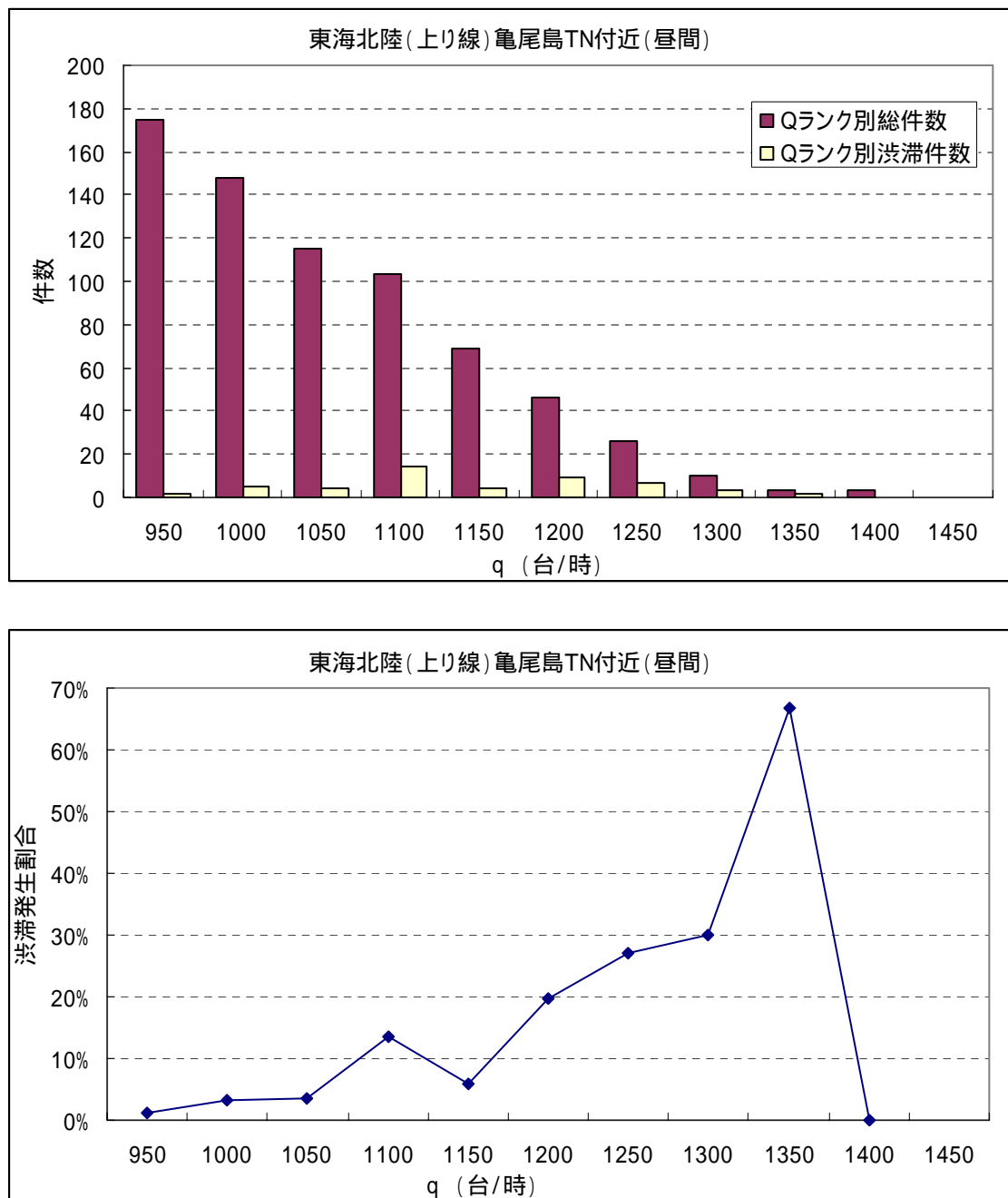


図 4-2-2(3) 亀尾島 TN 付近における交通量階層別の渋滞発生割合

(3) 米子道 (下り線) 摺鉢山 TN 付近の渋滞発生割合

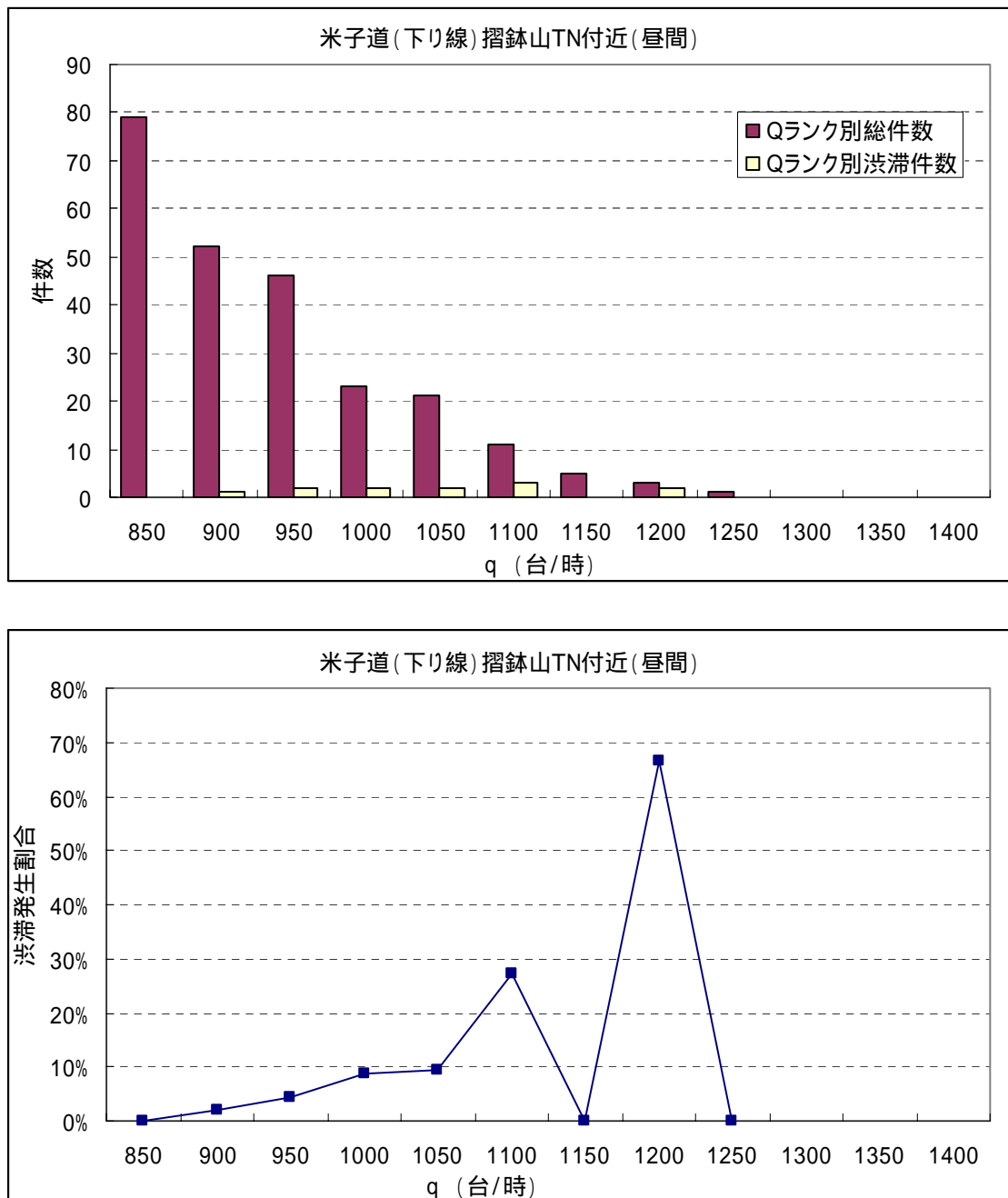


図 4-2-2(4) 摺鉢山 TN 付近における交通量階層別の渋滞発生割合

(4) 九州道 (上り線) 加久藤 TN 付近の渋滞発生割合

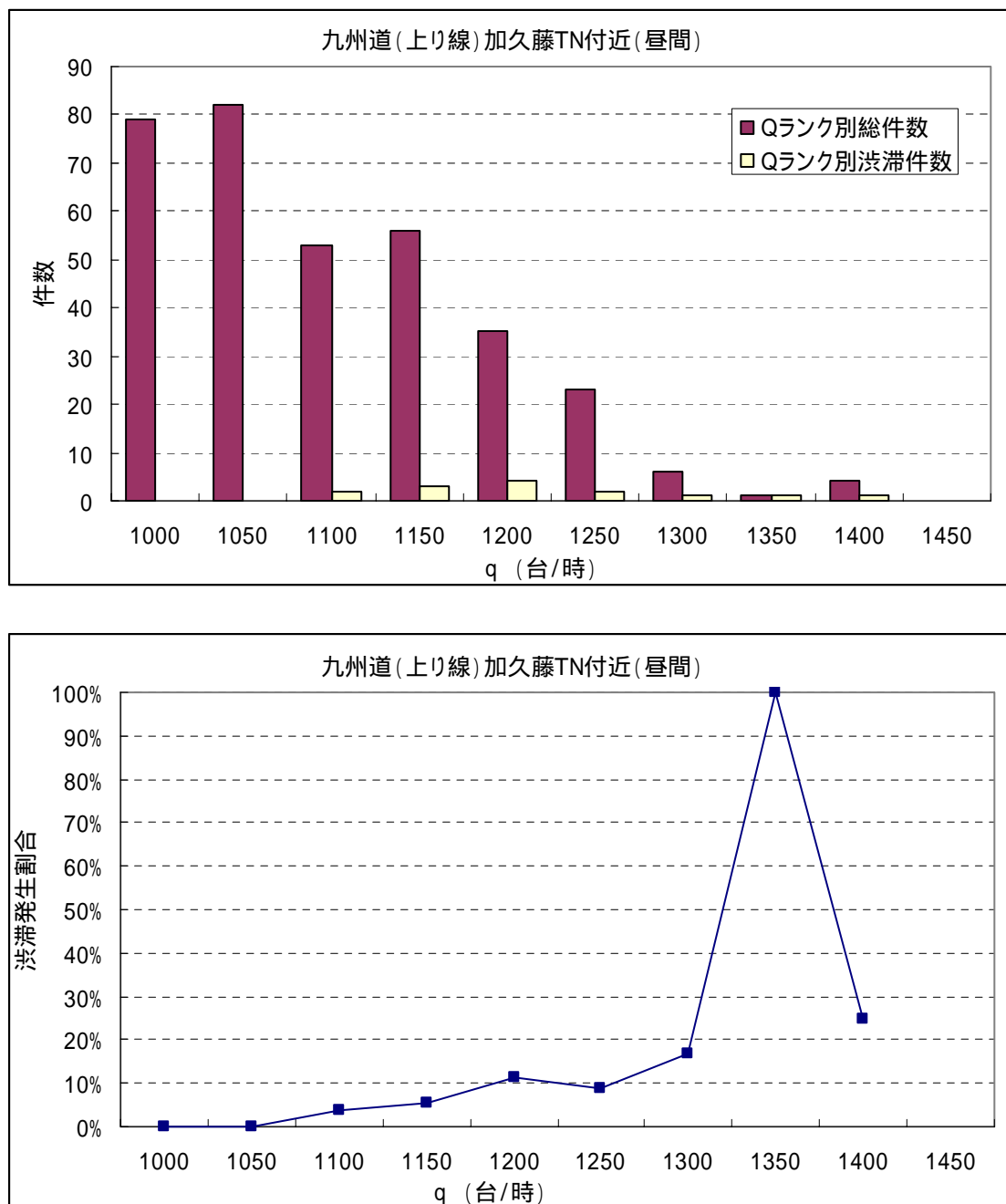


図 4-2-2(5) 加久藤 TN (上り線) 付近における交通量階層別の渋滞発生割合

(5) 九州道 (下り線) 加久藤 TN 付近の渋滞発生割合

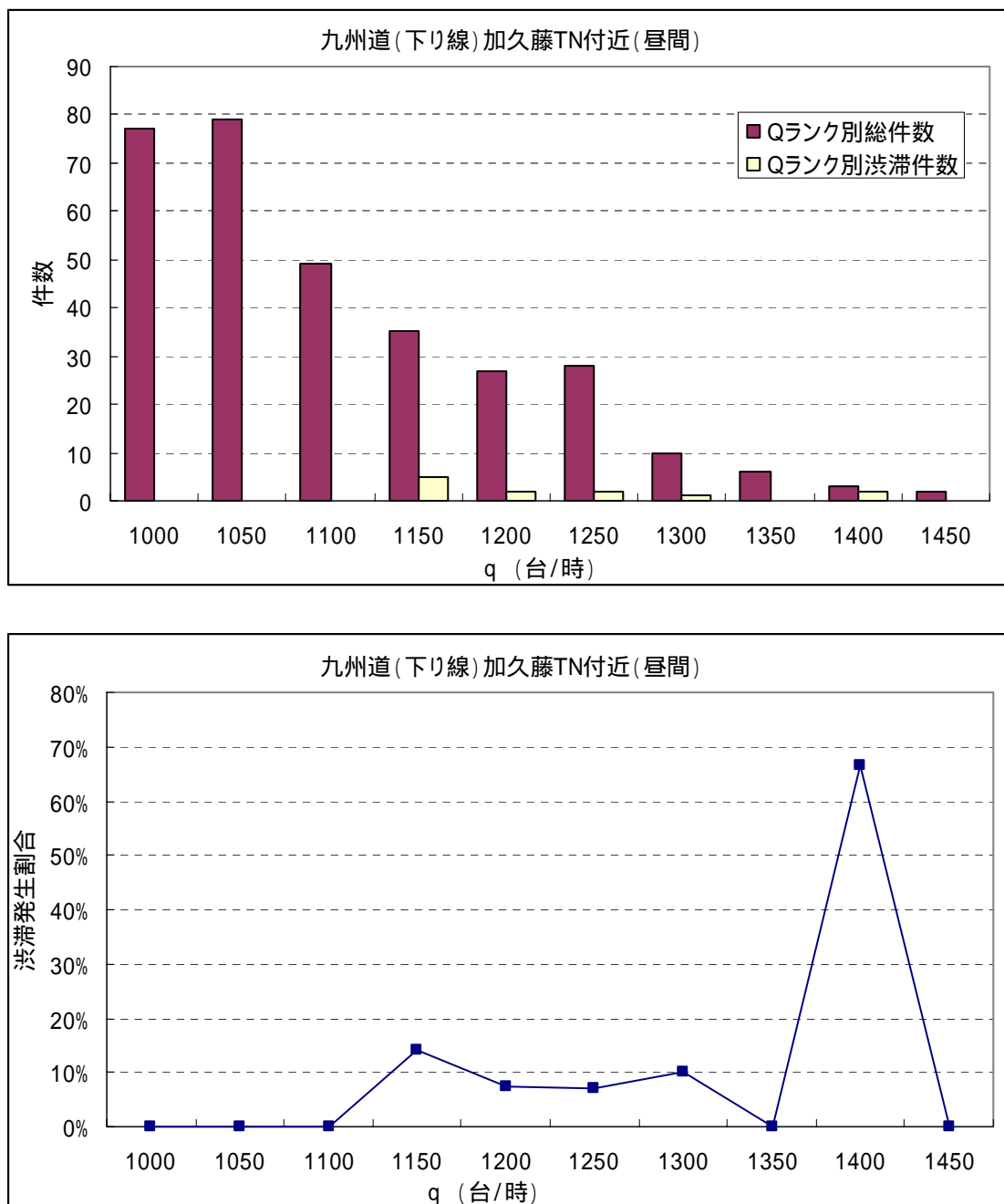


図 4-2-2(6) 加久藤 TN (下り線) 付近における交通量階層別の渋滞発生割合

4-2-2 ボトルネックにおける渋滞発生確率分布の推定

まず、ボトルネックにおける渋滞発生確率は、以下のように渋滞発生時交通容量がある交通量より小さい確率として定義することができる。この渋滞発生確率分布はボトルネックにおける交通量の分布関数である。

$$F_c(q) = \text{Prob}(c \leq q) \quad (1)$$

ここで、

$F_c(q)$: 交通容量 c の累積確率分布関数 (CDF)

c : 交通容量

q : 交通量

ここで、以下二つの方法で5箇所のボトルネックにおける渋滞発生確率分布を推定する。

- 積極限法 (Product Limit Method)
- 最大尤度法 (Maximum Likelihood Estimation)
 - ワイブル分布 (Weibull distribution)

$$\text{CDF}^1 \quad F(q) = 1 - e^{-\left(\frac{q}{\beta}\right)^\alpha} \quad \alpha > 0, \beta > 0 \quad (2)$$

$$\text{PDF}^2 \quad f(q) = \alpha \beta^{-\alpha} q^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{q}{\beta}\right)^\alpha} \quad (3)$$

- 極値分布 (Extreme value or Gumbel distribution)

$$\text{CDF} \quad F(q) = 1 - e^{-e^{\frac{q-\lambda}{\delta}}} \quad \delta > 0 \quad (4)$$

$$\text{PDF} \quad f(q) = \frac{1}{\delta} e^{\frac{q-\lambda}{\delta}} e^{-e^{\frac{q-\lambda}{\delta}}} \quad (5)$$

- ロジスティック分布 (Logistic distribution)

$$\text{CDF} \quad F(q) = \frac{1}{1 + e^{-(\alpha + \beta q)}} \quad \beta > 0 \quad (6)$$

$$\text{PDF} \quad f(q) = \frac{\beta e^{-(\alpha + \beta q)}}{\left[1 + e^{-(\alpha + \beta q)}\right]^2} \quad (7)$$

積極限法は、事前に渋滞発生確率分布を仮定しないで、過去に観測された交通量ランク別の渋滞発生割合を用いて渋滞発生確率を推定するノンパラメトリック法であるのに対し、最大尤度法は、事前にある渋滞発生確率分布を仮定した上で、過去に観測された交通量ランク別の渋滞発生回数と非発生回数を用いて仮定した渋滞発生確率分布のパラメータを推定するパラメトリック法である。積極限法は、観測されたボトルネックの渋滞発生回数に強く依存し、必ずしも完全な確率分布を推定出来るとは限らない。一方、最大尤度法は、良く用いられる三つの確率分布（ワイブル分布、極値分布とロジスティック分布）を仮定して全体の確率分布の推定を行っている。最大尤度法は、下記のような $\ln(L)$ を最大化するようなパラメータを推定することである。

¹ CDF: 確率密度関数 (Cumulative Density Function)

² PDF: 累積確率分布関数 (Probability Density Function)

(1) 積極限法 (PLM 法)

$$F_c(q) = 1 - \prod_{i: q_i \leq q} \frac{Ni - Nci}{Ni} \quad (8)$$

ここで、

$F_c(q)$: 交通容量 c の累積確率分布

q : 交通量

q_i : 交通量ランク i の交通量

Ni : 交通量ランク i 以上の交通量出現回数

Nci : 交通量ランク i の渋滞発生回数

(2) 最大尤度法 (MLE 法)

$$L = \prod_{i=1}^n f_c(q_i)^{\delta_i} \cdot [1 - F_c(q_i)]^{1-\delta_i} \quad (9)$$

ここで、

$f_c(q_i)$: 交通容量 c の確率密度分布関数 (PDF)

$F_c(q_i)$: 交通容量 c の累積確率分布関数 (CDF)

n : 交通量ランク数

δ_i : 1 (渋滞発生した場合)

δ_i : 0 (渋滞発生しない場合)

以上の方法で、推定した各ボトルネックにおける渋滞発生確率分布を図 4-2-3 に示す。また、推定した渋滞発生確率分布のパラメータを表 4-2-1 に示す。積極限法と最大尤度法による各ボトルネックの渋滞発生確率分布は若干のずれがあるものの、概ね一致していると言える。また、ワイブル分布、極値分布とロジスティック分布における最大尤度法による渋滞発生確率分布は近いことが分かる。最大尤度関数の対数値 $\ln(L)$ を比較すると、三つの分の中でロジスティック分布とワイブル分布が極値分布より若干よくなっている。

ここで推定された各ボトルネックにおける渋滞発生確率分布を用いて、ボトルネックにおけるある交通量の渋滞発生確率やある渋滞発生確率 (例えば 5% または 10%) に対応する交通量を算出することができる。

表 4-2-1 各ボトルネックにおける渋滞発生確率分布のパラメータ推定値

ボトルネック	ワイブル分布			極値分布			ロジスティック分布		
	α	β	$\ln(L)$	λ	δ	$\ln(L)$	α	β	$\ln(L)$
苅安TN付近 (冬季)	13.7843	1221.64	-147.82	1218.30	78.2705	-148.29	-17.96	0.01517	-147.43
苅安TN付近 (冬季以外)	14.5363	1280.25	-306.49	1277.30	78.3140	-308.18	-18.51	0.01490	-306.48
亀尾島TN付近	15.3764	1365.24	-412.63	1360.73	77.2940	-414.67	-19.90	0.01503	-411.93
摺鉢山TN付近	16.7704	1241.67	-91.61	1239.14	66.3186	-92.03	-20.99	0.01733	-91.67
加久藤TN (上り線) 付近	19.0917	1417.70	-108.96	1415.74	67.7155	-109.50	-23.78	0.01718	-108.92
加久藤TN (下り線) 付近	13.3941	1525.91	-98.36	1521.33	101.1245	-99.10	-17.56	0.01194	-98.25

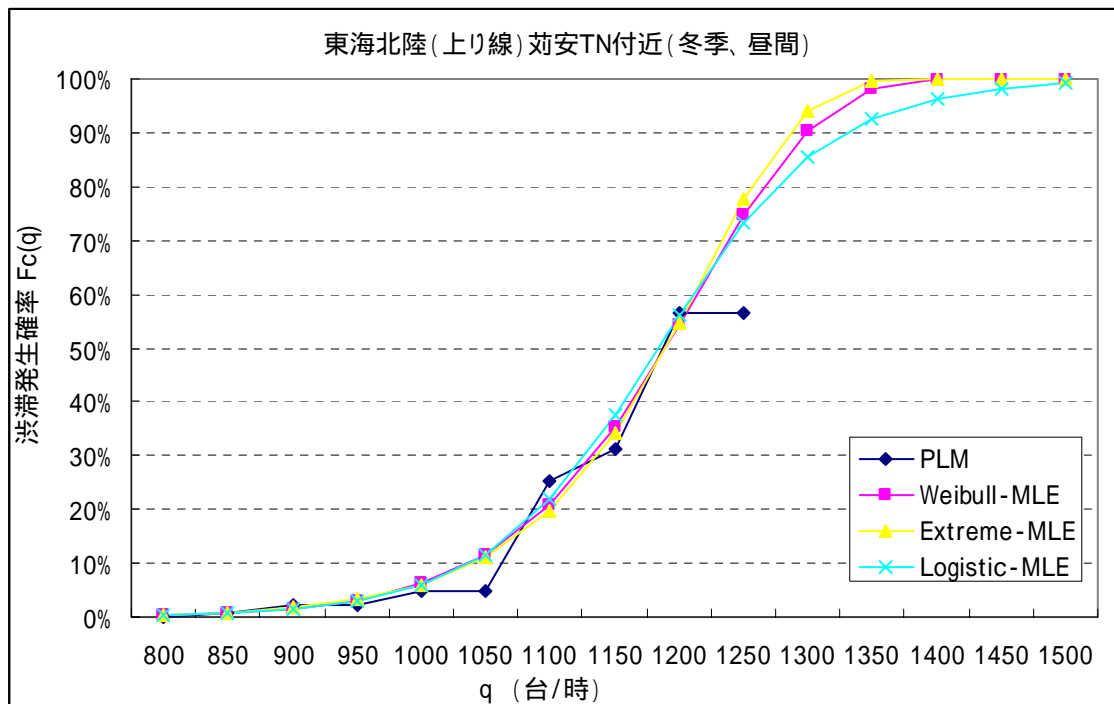


図 4-2-3(1) 苅安 TN 付近における渋滞発生確率分布 (冬季)

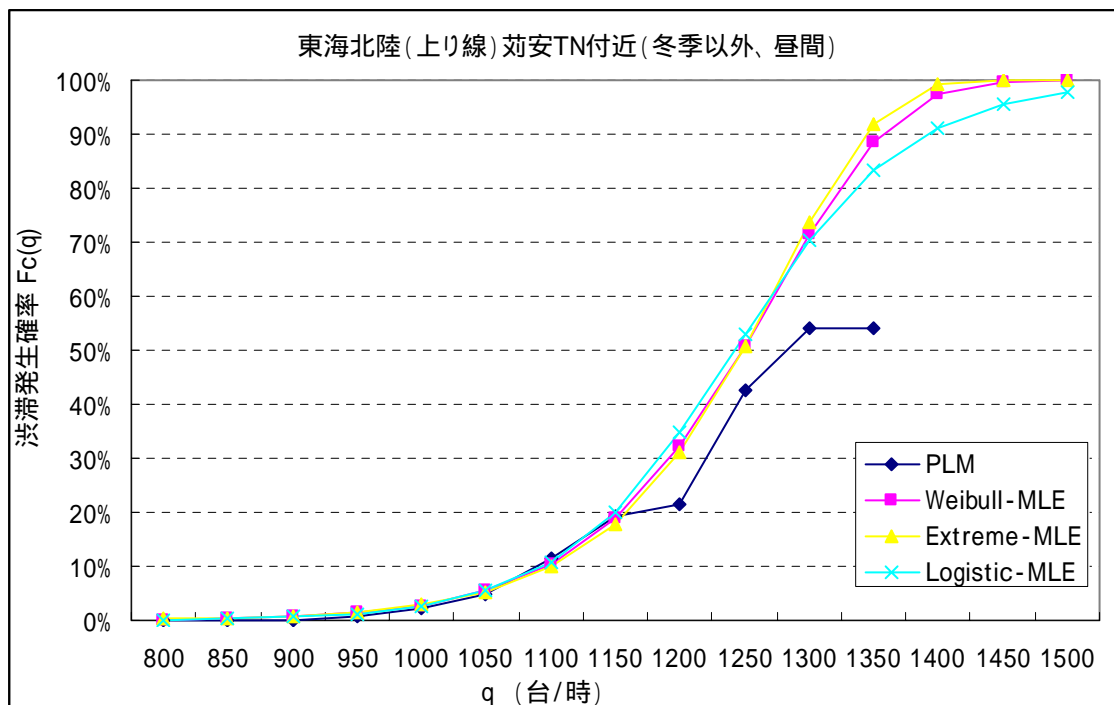


図 4-2-3(2) 苅安 TN 付近における渋滞発生確率分布 (冬季以外)

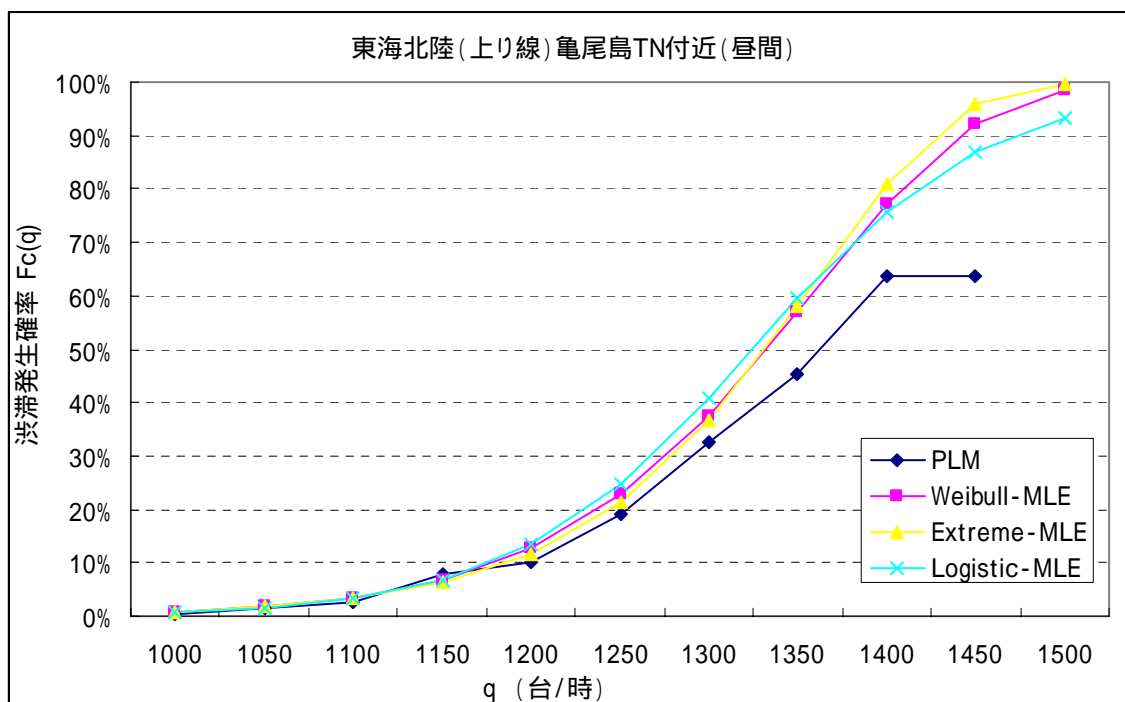


図 4-2-3(3) 亀尾島 TN 付近における渋滞発生確率分布

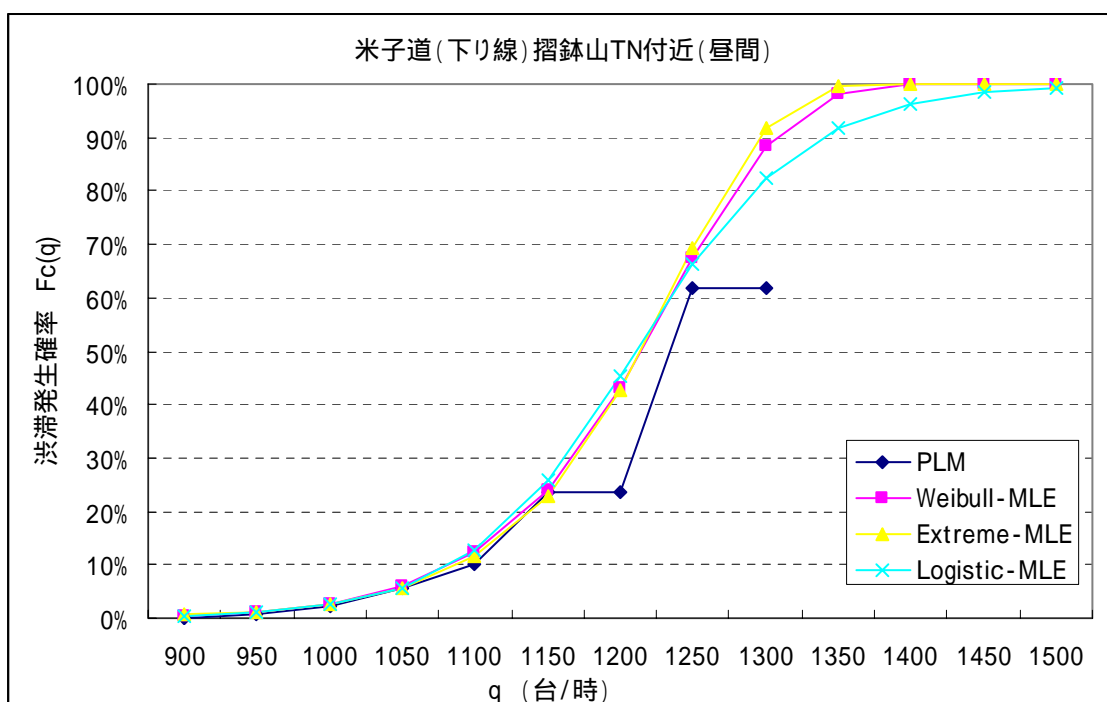


図 4-2-3(4) 摺鉢山 TN 付近における渋滞発生確率分布

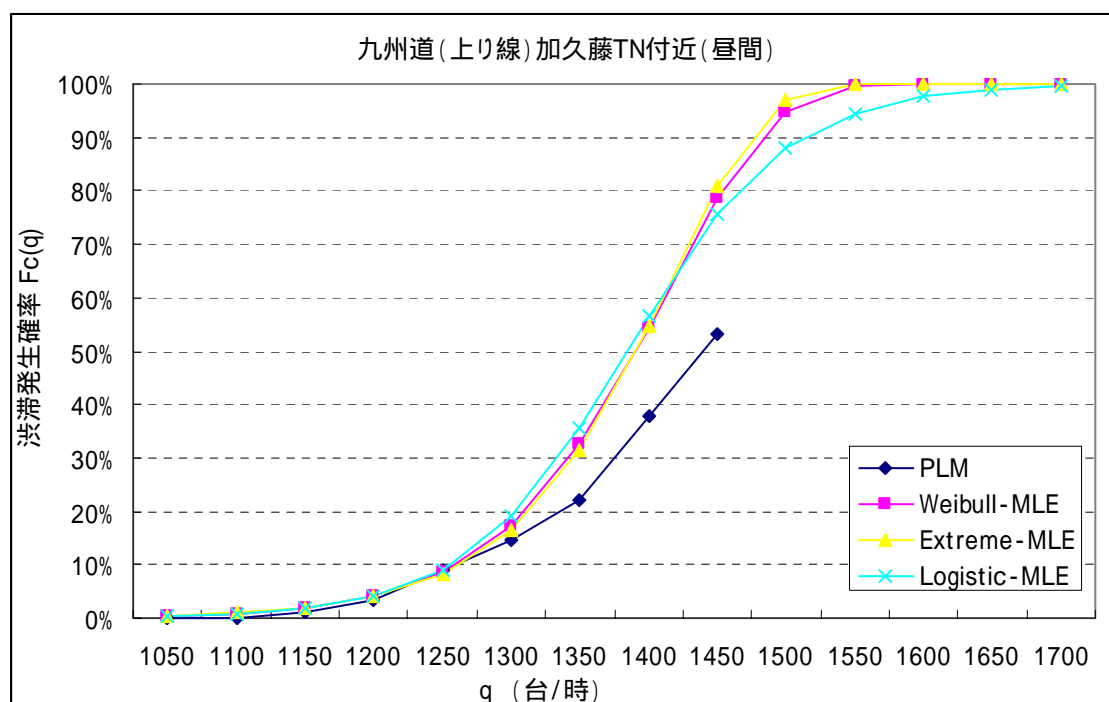


図 4-2-3(5) 加久藤 TN (上り線) 付近における渋滞発生確率分布

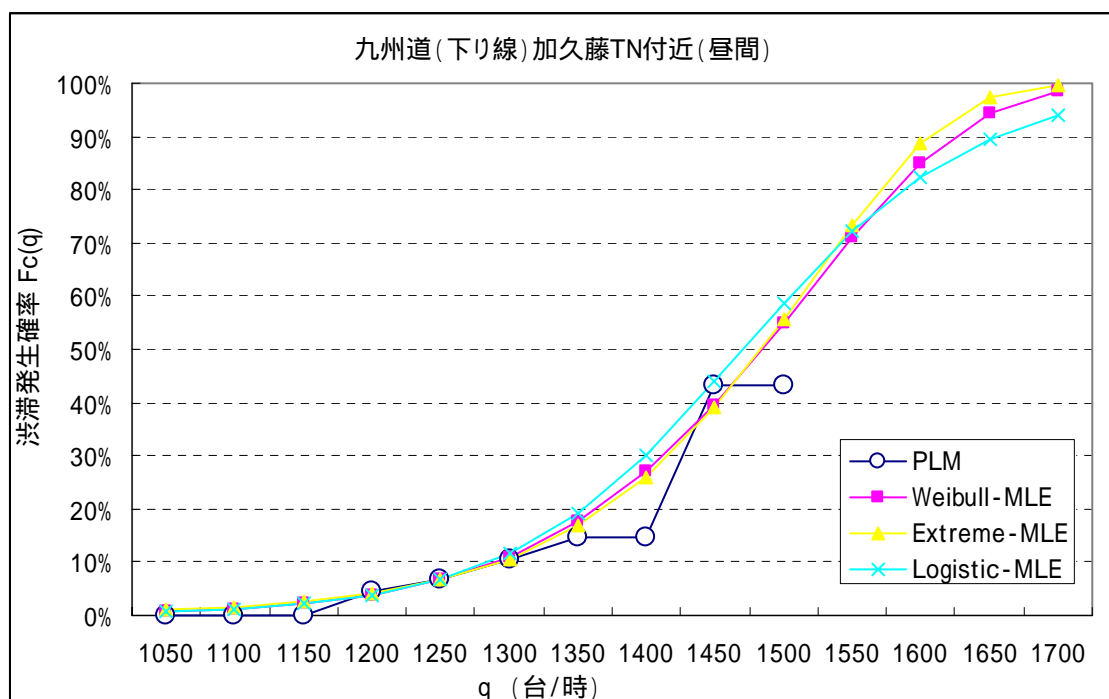


図 4-2-3(6) 加久藤 TN (下り線) 付近における渋滞発生確率分布

4-3 ボトルネック交通容量と道路構造との関係のまとめ

(1) 道路構造によるボトルネック交通容量の確定的推定方法

全国的高速道路の暫定2車線区間ボトルネックを対象に、ボトルネック交通容量と道路構造を整理し、多変量回帰分析を用いて、

ボトルネック毎の平均交通容量と道路構造の関係

ボトルネックの全サンプル交通容量と道路構造の関係

ボトルネックの全サンプル交通容量と道路構造および交通特性の関係

について、ボトルネック交通容量の確定的推定方法を示した。

その結果、 $Q_{\text{トンネル}}$ が最も適用性がよく精度のよいものであり、 $Q_{\text{トンネル}}$ と $Q_{\text{トンネル}}$ では、 $Q_{\text{トンネル}}$ の交通特性を考慮したものが精度がよいものとなっている。

から示した道路構造によるボトルネック交通容量の確定的推定方法

渋滞発生時交通量 = $1412.3 - 84.414 \times [\text{下流側縦断勾配}(\%)] - 106.85 \times [\text{トンネル要因}(0,1)]$

渋滞発生後捌け交通量 = $1247.5 - 76.667 \times [\text{下流側縦断勾配}(\%)] - 161.61 \times [\text{トンネル要因}(0,1)]$

また、 $Q_{\text{トンネル}}$ より、付加車線延長および上流側単路区間長がボトルネック交通容量に影響を与える可能性を示した。

から示した道路構造によるボトルネック交通容量の確定的推定方法

渋滞発生時交通量 = $1250.8 - 0.24397 \times [\text{縦断曲線長}(m)] + 0.11869 \times [\text{上流側勾配区間長}(m)]$

$- 0.077151 \times [\text{下流側勾配区間長}(m)] - 0.011237 \times [\text{上流側単路区間長}(m)]$

$+ 0.015500 \times [\text{付加車線延長}(m)]$

(2) ボトルネックにおける渋滞発生確率及び交通容量の確率的推定方法

暫定2車線区間ボトルネックの内、渋滞発生回数の相対的に多い5箇所の交通量観測データを用いて、それぞれのボトルネックにおける渋滞発生確率分布を推定した。これらの渋滞発生確率分布を用いて、ボトルネックにおけるある交通量の渋滞発生確率やある渋滞発生確率に対応する交通量を算出することができる。また、この渋滞発生確率分布を第7章で述べる渋滞予測情報の提供によるTDMに活用することが可能である。

第5章 暫定2車線区間のボトルネック交通容量推定方法（ミクロ分析）

第4章においてマクロな視点から分析を行ったのに対し、本章では車両一台一台の挙動を考慮に入れたミクロな視点より、暫定2車線区間ボトルネックにおける渋滞発生時交通量を推定する手法を構築し、その検証を行う。渋滞発生時交通量の推定に際し、暫定2車線区間ボトルネックに流入する車群に着目し、最初に車群として走行する車両の走行特性について分析を行う。続いて、その知見を元に片側1車線単路区間・付加車線設置区間・ボトルネックにおける車両挙動をモデル化し、ボトルネックにおける渋滞発生時交通量を推定するシミュレーションの構築を行う。さらに、構築したシミュレーションの各モデルの現状再現性を検証した後、シミュレーションを用いて、前章にて示したボトルネック容量に影響を与えるボトルネック周辺の道路幾何構造のうち、上流側片側1車線区間長ならびに上流側付加車線延長に着目して、

- 1) 上流側片側1車線区間長が長くなれば渋滞発生時交通量が小さくなる
- 2) 上流側付加車線延長が長くなれば渋滞発生時交通量が大きくなる

という仮説を検証する。

5-1 車群中の車両走行特性

本項では車群の形成・分散を考慮した暫定2車線区間ボトルネック交通容量推定シミュレーションを構築するに当たり、車群に属する車両の走行特性を把握する。

5-1-1 データの概要

本研究では、東海北陸道上り線 48.43kp 地点、東海北陸道上り線 59.07kp 地点、東海北陸道上り線 72.6kp 地点の計3地点で観測された車両速度、車頭時間に関するデータを用いる。以下に各地点での観測概要、及びデータの概要についてまとめる。

i) 東海北陸道上り線 48.43kp 地点

データの種類：車両感知器によるパルスデータ

データの内容：車両1台1台の通過時刻、走行速度、車頭時間、及び車種

観測日時：2004年2月22日(日)9:00より翌23日(月)14:00まで

観測時の天候：22日の18時～24時にかけて降雨、その他の時間帯は曇り、積雪無

道路線形：2.57%の上り勾配

交通状況：22日13:30～19:00にかけて渋滞発生

ii) 東海北陸道上り線 59.07kp 地点

データの種類：車両感知器によるパルスデータ

データの内容：車両1台1台の通過時刻、走行速度、車頭時間、及び車種

観測日時：2004年2月22日(日)9:00より翌23日(月)14:00まで

観測時の天候：22日の18時～24時にかけて降雨、その他の時間帯は曇り、積雪無

道路線形：3.00%の上り勾配

表 5-1-1 車群中の走行位置と車頭時間の関係

	走行位置	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
48.43kp地点	サンプル数	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	平均 [sec]	1.81	1.65	2.17	2.02	1.89	2.31	2.40	2.03	2.19	2.06
	分散 [sec ²]	0.15	0.38	0.72	0.62	0.37	0.42	0.49	0.50	0.63	0.86
59.07kp地点	サンプル数	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	平均 [sec]	1.71	1.81	2.09	2.29	2.10	1.87	1.97	2.57	2.21	2.16
	分散 [sec ²]	0.24	0.80	0.80	0.52	0.83	0.27	0.53	0.37	0.53	0.78
72.60kp地点	サンプル数	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
	平均 [sec]	1.72	1.85	1.85	1.97	1.79	1.73	1.98	1.65	2.09	2.15
	分散 [sec ²]	0.22	0.78	0.71	0.50	0.68	0.36	0.52	0.58	0.70	0.80

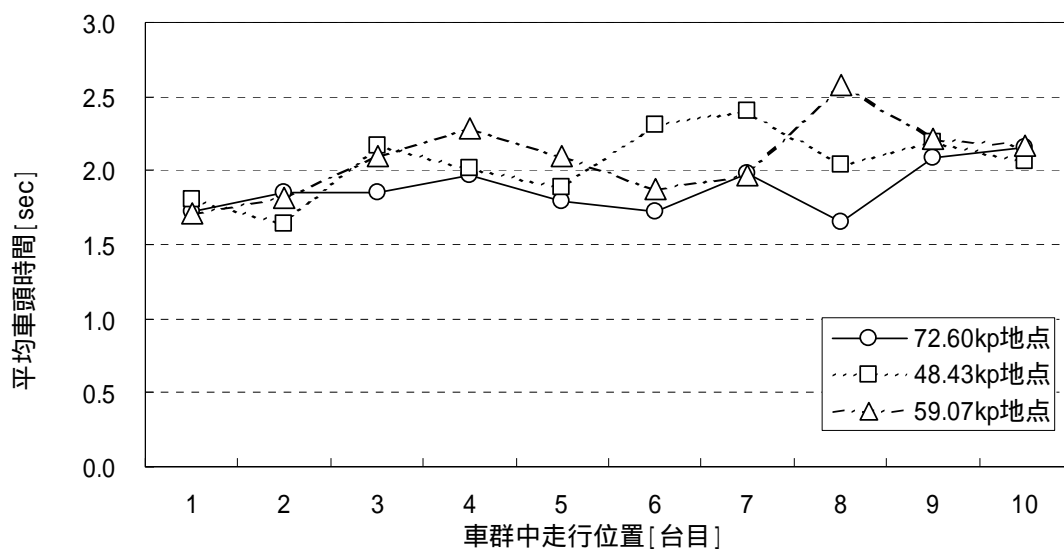


図 5-1-2 車群内各走行位置における車両の平均車頭時間

図より、車群中後方を走行する車両ほどその車頭時間が、車群中前方を走行する車両と比べて大きくなる傾向にあることが読み取れる。続いて、走行位置による分類を a) 車群走行位置 1 台目の車両（先頭車両を含めると 2 台目）、b) 同 2 台目から 8 台目、c) 9 台目以降とし、観測地点と車群中走行位置を因子とし、2 元配置の分散分析を行った結果を表 5-1-2 と図 5-1-3 に示す。表より走行位置に関する F 値が十分に大きく、有意確率が 0 であることから、走行位置に関しては「帰無仮説：走行位置による車頭時間の差はない」は 5% 有意水準で棄却された。一方、観測地点に関する F 値は 1.17 と小さく、そのときの有意確率も 0.31 であり、観測地点による差は認められなかった。また、観測地点と走行位置に関しては F 値が 1.68、有意確率が 0.15 であり、「帰無仮説：観測地点と走行位置の間には交互作用はない」は 5% 有意水準において棄却されなかった。以上のことから、走行位置に関しては各水準（車群先頭より 1 台目、2～8 台目、9～10 台目）間でその車頭時間に有意な差があるといえる。つまり、車群として走行する車両に関して、「先頭車両から 1 台目、2 台目から 8 台目、9 台目以降、という順に車頭時間が大きくなる」ことを示した。すなわち、先頭車両に対する位置の違いにより走行挙動が異なるという仮説を支持する結果が得られた。

表 5-1-2 分散分析の結果

従属変数: 車頭時間

ソース	タイプ III 平方和	自由度	平均平方	F 値	有意確率
修正モデル	17.69 ^a	8	2.21	3.94	.00
切片	1598.36	1	1598.36	2849.45	.00
観測地点	1.31	2	.66	1.17	.31
走行位置	8.93	2	4.47	7.96	.00
観測地点 * 走行位置	3.78	4	.94	1.68	.15
誤差	331.51	591	.56		
総和	2674.34	600			
修正総和	349.20	599			

a. R2乗 = .051 (調整済みR2乗 = .038)

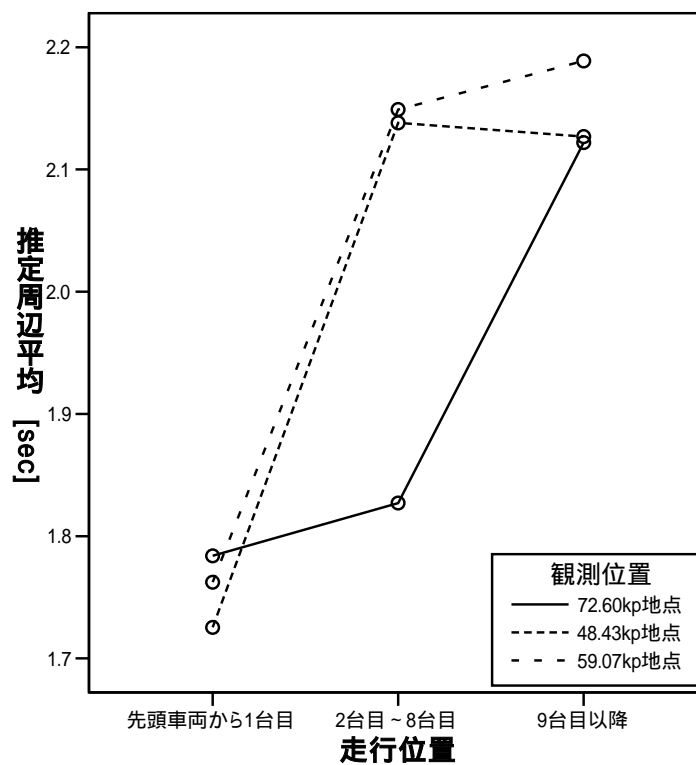


図 5-1-3 分散分析の結果

5-2 暫定2車線区間のボトルネック交通容量推定シミュレーションの構築

高速道路暫定2車線区間は片側1車線区間・付加車線設置区間の2つの区間より構成される。前者では車両の追越しが禁止されているために、低速度で走行する車両を後続の車両が追い越すことができずに車群が形成される。その一方で、付加車線設置区間では車両の追越しが可能であるため車群が分散される。このことから、暫定2車線区間におけるボトルネックに到着する車群を考える場合には、各道路区間における車群形成ならびに車群分散現象を的確に把握する必要がある。そこで、ボトルネック交通容量を推定することを目的に、ボトルネック上流に片側1車線区間・付加車線設置区間が交互に配置された区間（図5-2-1参照）を想定し、想定した道路区間における交通流を再現するシミュレーションを構築する。

シミュレーションは、1. 車両発生モデル、2. 車群形成モデル、3. 車群分散モデル、4. ボトルネック流出モデルの4つに分類される。また、シミュレーション全体のフローチャートは図5-2-2のように表される。以下、各モデルの概要について説明する。

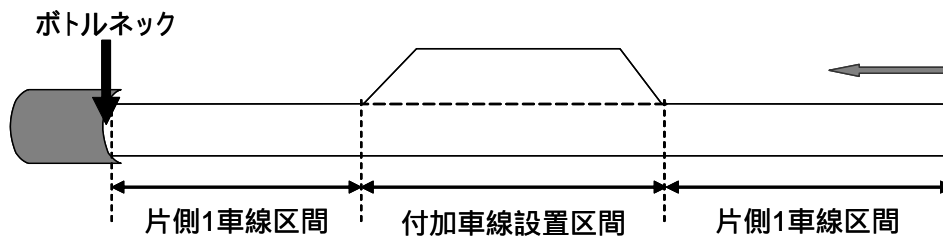


図 5-2-1 対象区間概略図

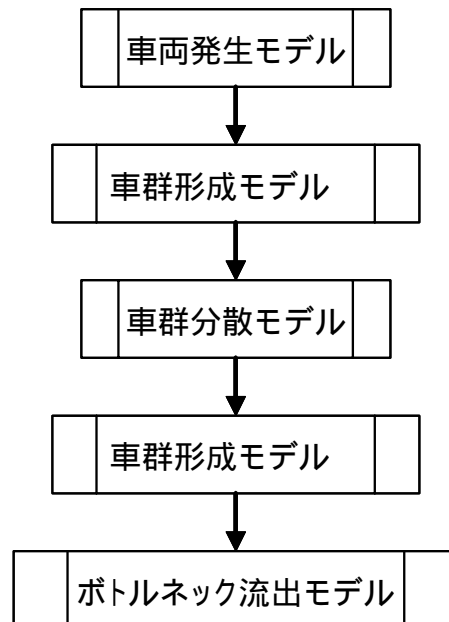


図 5-2-2 シミュレーションのフローチャート

5-2-1 車両発生モデル

需要交通量が増加すれば車両の到着は一樣到着に近づくこと、及び上流区間をよりさかのぼってシミュレーション対象区間に加えればシミュレーションを用いて到着分布を導出することが可能であることから、本研究ではシミュレーション対象区間の始点において一定時間間隔で車両が発生するものとする。すなわち、 Q [台/時]の需要交通量が存在するとき、各車両は $3600/Q$ [sec]間隔で発生する。また、シミュレーション中では前方車両に追従を強いられるとき以外は、車両は各自の自由走行速度で走行するものとし、各車両には発生時に自由走行速度を与える。ただし、追従走行を行う場合は前方車両の走行速度と同じ速度で走行するものとする。

本シミュレーションでは計算上の利便性を考え、自由走行速度分布はガンベル分布に従うとする。ガンベル分布の累積分布関数、及び確率密度関数を(1)式、(2)式に示す。

$$\text{累積分布関数： } F(x) = \exp\left[-\exp\{-\mu(x-\eta)\}\right] \quad (1)$$

$$\text{確率密度関数： } f(x) = \mu \exp\{-\mu(x-\eta)\} \exp\left[-\exp\{-\mu(x-\eta)\}\right] \quad (2)$$

ここで、 μ は分布のばらつきを表すスケールパラメータ、 η は分布の位置を表すロケーションパラメータである。ガンベル分布の最頻値は η 、平均値は $\eta + \gamma/\mu$ 、分散は $\pi^2/6\mu^2$ で表される。ただし、

はオイラー定数で $\gamma \cong 0.577$ である²⁸⁾。

各車両にはガンベル分布に従ってランダムに自由走行速度が与えられる。すなわち、車両の自由走行速度 v を(3)式により決定する。

$$v = \frac{-\ln\{-\ln(RND)\}}{\mu} + \eta \quad (3)$$

ただし、 RND は 0～1 の間に一樣分布する乱数を示す。

自由走行速度分布に関して、これまでの研究では自由走行車の速度を観測して推定を行う手法も取られている²⁹⁾。しかし、自由走行車は、いわば前方を走行している車両に追い付いていない車両であるといえ、相対的に低速な車両が多く過小推定となることが指摘されている³⁰⁾。そこで本研究ではその点を考慮し、最尤推定法による自由走行速度分布のパラメータ推定を行う。詳細については後述する。

5-2-2 車群形成モデル

片側 1 車線区間における車群形成過程のモデル化を行う。各車両には自由走行速度が与えられており、前方の車両に追従するとき以外は与えられた自由走行速度で走行するものとする。その上で、ある車両が片側 1 車線区間の始点に到着した時刻と与えられた自由走行速度から、前方車両に追従することなく片側 1 車線区間を走行した場合の終点到着時刻を前方車両の終点到着時刻を比較することにより、当該車両が当該片側 1 車線区間で自由走行を維持できるか、それとも前方車両に追従するかの判定を行う。具体的な車群形成モデルのフローチャートを図 5-2-3 に示す。ただし、フローチャート中の各変数はそれぞれ、

Q : 需要交通量 [台]

$v_{des}(i)$: 車両 i の自由走行速度 [km/h]
 $t_{start}(i)$: 車両 i が片側 1 車線区間の始点を出発する時刻
 $t_{exit}(i)$: 車両 i が片側 1 車線区間の終点に到着する時刻
 $headway(i)$: 車両 i と前方車両間の車頭時間 (ただし、これまでの分析で示した「車群中後方を走行する車両ほど車頭時間が大きくなる」ことを踏まえ、車群先頭車両より 1 台目を追従する車両の車頭時間を t_α 秒、2 台目～8 台目の車両の車頭時間を t_β 秒、9 台目以降の車両の車頭時間を t_γ 秒で与える (ただし、 $t_\alpha < t_\beta < t_\gamma$))
 L_{single} : 片側 1 車線区間長[km]

を表す。

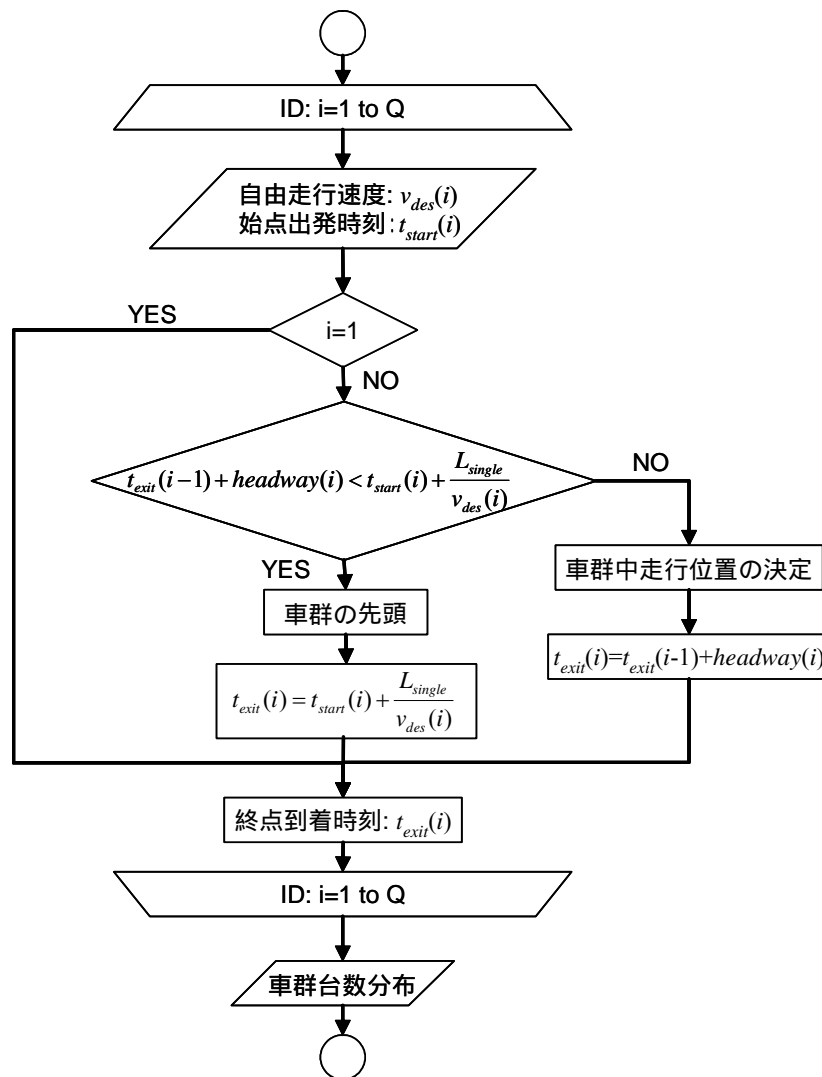


図 5-2-3 車群形成モデルのフローチャート

今、仮に $t_\alpha=1.7$ 、 $t_\beta=2.0$ 、 $t_\gamma=2.3$ とし、自由走行速度分布を $\mu=95.50$ 、 $\mu=0.13$ のガンベル分布(図 5-2-4)に、そして、需要交通量 Q を 600 台/時、900 台/時、及び片側 1 車線区間長 L_{single} を 2.0km、4.0km とした各状況について、1 時間に渡って車両を発生させたときに片側 1 車線区間で形成される車群の車群台数分布を求めた結果を表 5-2-1、及び図 5-2-5～図 5-2-8 に示す。ただし、車群台数は車群の先頭を走行する車両も含めた車群に属する車両の台数を示す。これより、需要交通量が大きいほど、また片側 1 車線区間が長いほど大きい車群が形成される傾向にあることが確認できる。

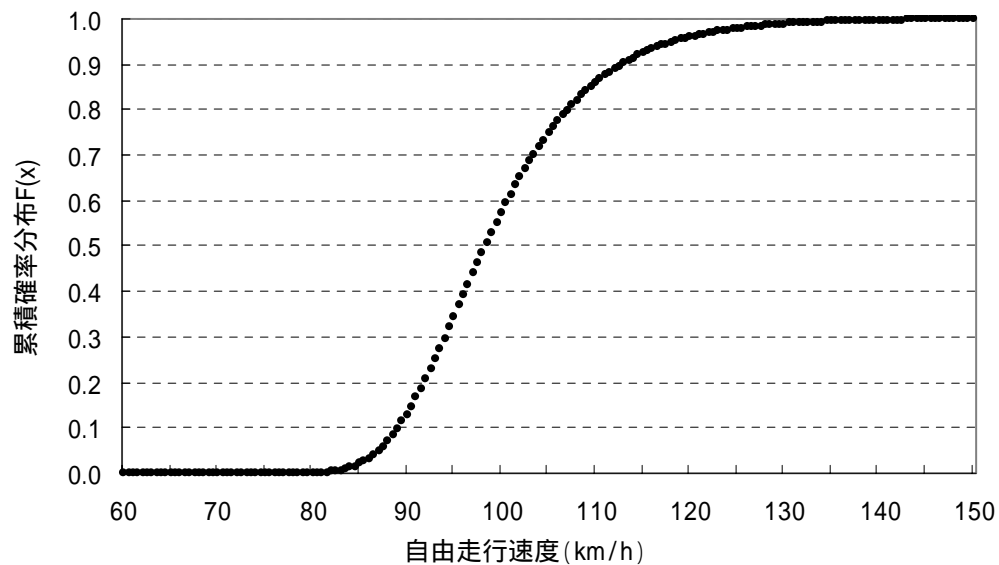


図 5-2-4(1) 自由走行速度分布 ($\mu=95.50$ 、 $\mu=0.13$)

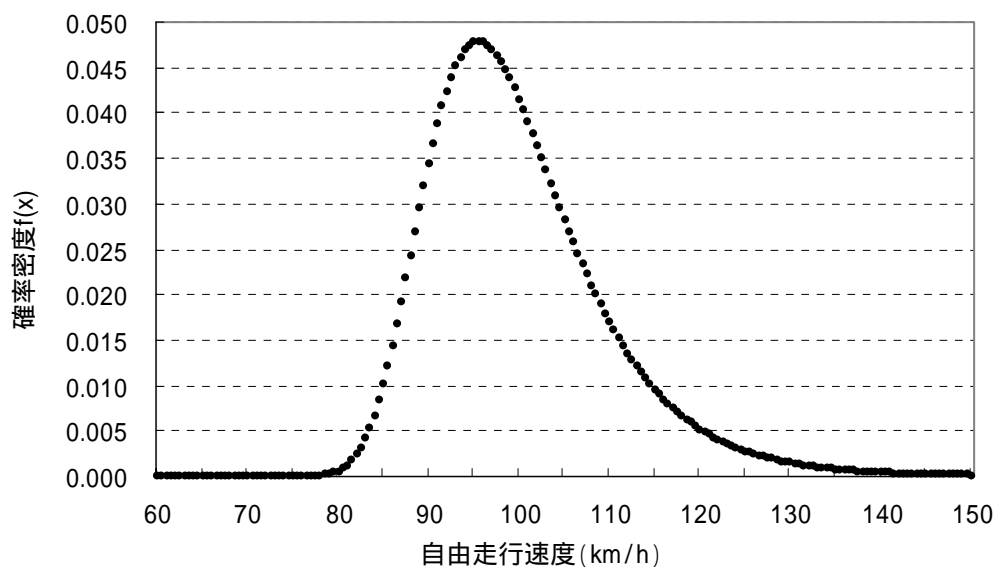


図 5-2-4(2) 自由走行速度分布 ($\mu=95.50$ 、 $\mu=0.13$)

表 5-2-1 シミュレーションにおける車群形成モデルの確認

Q=600 [台/時]	$L_{single} = 2.0$ [km]	Q=600 [台/時]	$L_{single} = 4.0$ [km]
平均車群台数 [台]	1.85	平均車群台数 [台]	2.50
分散	1.38	分散	1.97
最大車群台数 [台]	8	最大車群台数 [台]	14
車群数	135	車群数	140
Q=900 [台/時]	$L_{single} = 2.0$ [km]	Q=900 [台/時]	$L_{single} = 4.0$ [km]
平均車群台数 [台]	2.83	平均車群台数 [台]	4.18
分散	3.00	分散	4.94
最大車群台数 [台]	25	最大車群台数 [台]	52
車群数	196	車群数	151

1. 平均車群台数では1台で単独走行する車両も1台の車群であるとしてカウントしている。
2. 車群数の項には、1台の車群は含めていない。

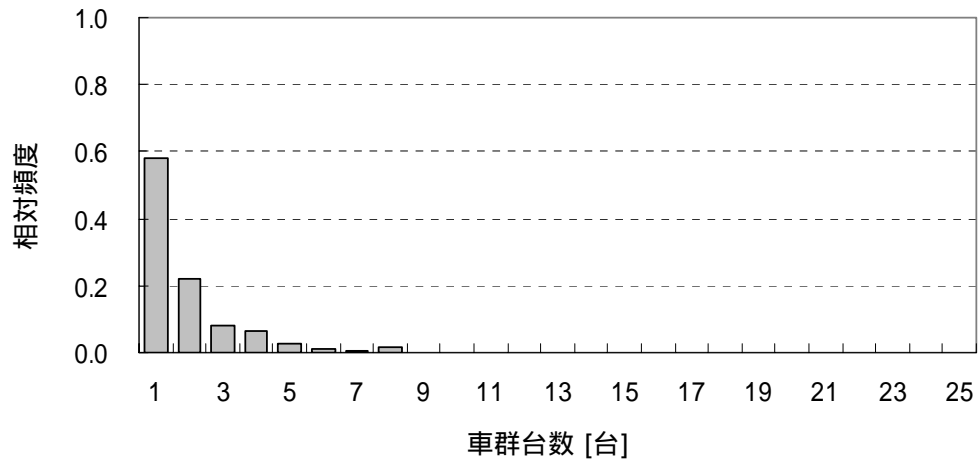


図 5-2-5 シミュレーションによる車群台数分布 (Q=600 台/時、 $L_{single}=2.0$ km のとき)

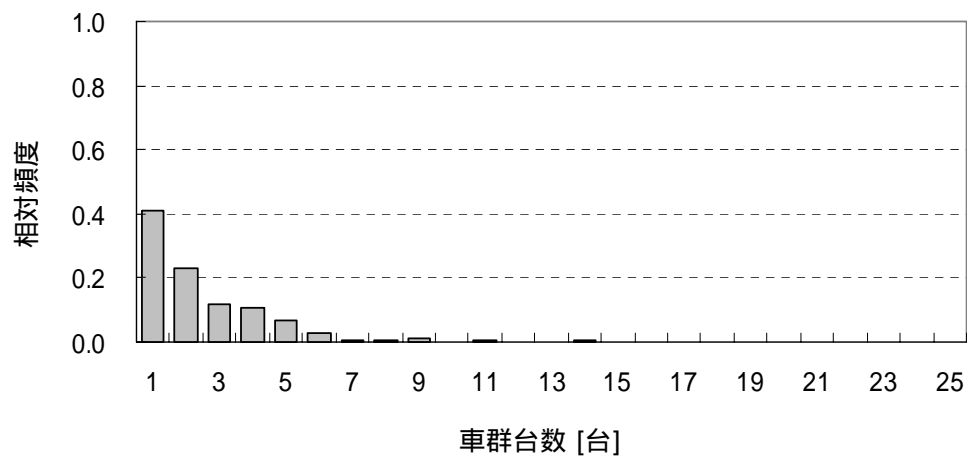


図 5-2-6 シミュレーションによる車群台数分布 (Q=600 台/時、 $L_{single}=4.0$ km のとき)

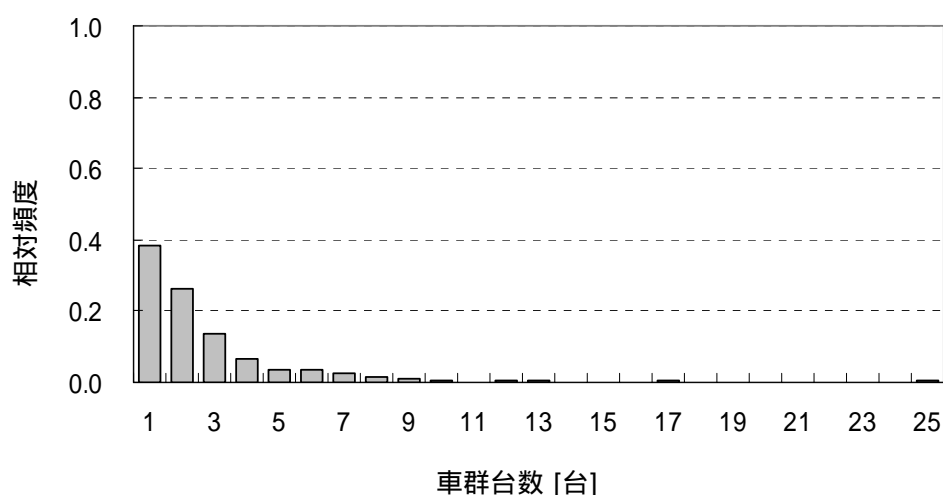


図 5-2-7 シミュレーションによる車群台数分布 ($Q=900$ 台/時、 $L_{single}=2.0\text{km}$ のとき)

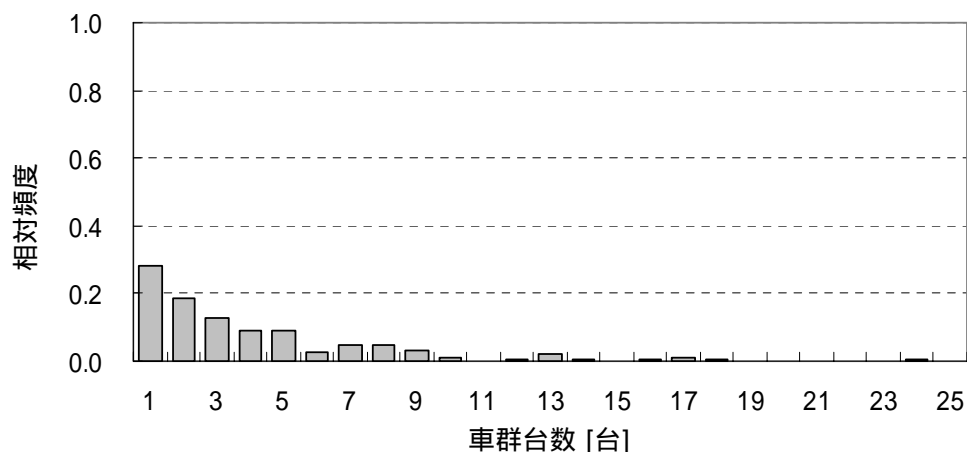


図 5-2-8 シミュレーションによる車群台数分布 ($Q=900$ 台/時、 $L_{single}=4.0\text{km}$ のとき)

5-2-3 車群分散モデル

車群の分散過程をモデル化するにあたり、一定時間刻みで各車両の走行位置、走行速度を逐っていくタイム・スキャンニング方式を用いる。その際、車両の追い越し挙動は以下の手順で行われるものとする。

付加車線設置区間に流入した車両は、走行車線を走行する前方車両に追いつくまで（車頭間隔が予め設定した最小車頭時間以下になるまで）自由走行速度で走行車線を走行する。

車両が前方車両に追いつくと、前方車両を追い越すかどうかの追い越し判断を行う。具体的には、当該車両の自由走行速度と前方車両の走行速度を比較し、付加車線設置区間内において予め設定した一定距離（ α [km]）以上前方車両を先行することが可能な場合、追い越しを開始し、追い越しを開始しない場合は、最小車頭時間で前方車両に追従する。

追い越しが可能な場合、車両は追越車線に車線変更を行い、追越車線上で前方の車両に追

いつくまでは自由走行速度で走行するものとする。前方車両に追いついた後はその走行速度で追従走行を行う。

追い越しの対象となる前方車両を追い抜いた後には、最後に追い越した走行車線を走行する車両に α [km] 先行した時点で、走行車線前方を走行する車両を追い越すかどうかの追い越し判断を行い、追い越し可能な場合には手順 5-2-8 を実行、追い越しが不可の場合には走行車線に戻り、再び走行車線において前方車両に追いつくまで自由走行速度で走行を行う。

走行車線・追越車線を走行する車両ともに、付加車線設置区間の終点に到達した時点で、その到着順に付加車線設置区間より流出する。

付加車線設置区間での車群分散モデルのフローチャートを図 5-2-9 に示す。ただし、フローチャート中の各変数はそれぞれ、

$x_t(i)$:時刻 t における車両 i の走行位置 (付加車線入り口からの距離) [km]
$v_t(i)$:時刻 t における車両 i の走行速度[km/h]
$v_{des}(i)$:車両 i の自由走行速度[km/h]
$v_{rea}(i)$:車両 i の実際の走行速度[km/h]
L_{pass}	:付加車線設置区間の長さ[km]
α	:追い抜き判断基準パラメータ [km]

を表す。

今、仮に自由走行速度分布のパラメータを $\mu = 95.50$ 、 $\sigma = 0.13$ 、追い抜き判断基準パラメータを $\alpha = 100.0$ [m]、そして需要交通量 Q を 600 [台/時]とした状況で 1 時間に渡って車両を発生させたときに、付加車線設置区間長の大小による追い抜き台数分布の比較を行った。ただし、追い抜き台数とは、付加車線設置区間内である車両が他の車両を追い抜いた台数から他の車両に追い抜かれた台数を差し引いた台数を表す。すなわち、追い抜き台数が正值の場合は付加車線設置区間を経て繰り上がった到着順位を、負値の場合は繰り下がった到着順位を表す。付加車線設置区間長を 1.0[km]、3.0[km]としたときの追い抜き台数分布の相対頻度を図 5-2-10 に示す。これより、付加車線設置区間長が大きくなるほど、多数の追い抜きが行われることが確認できる。

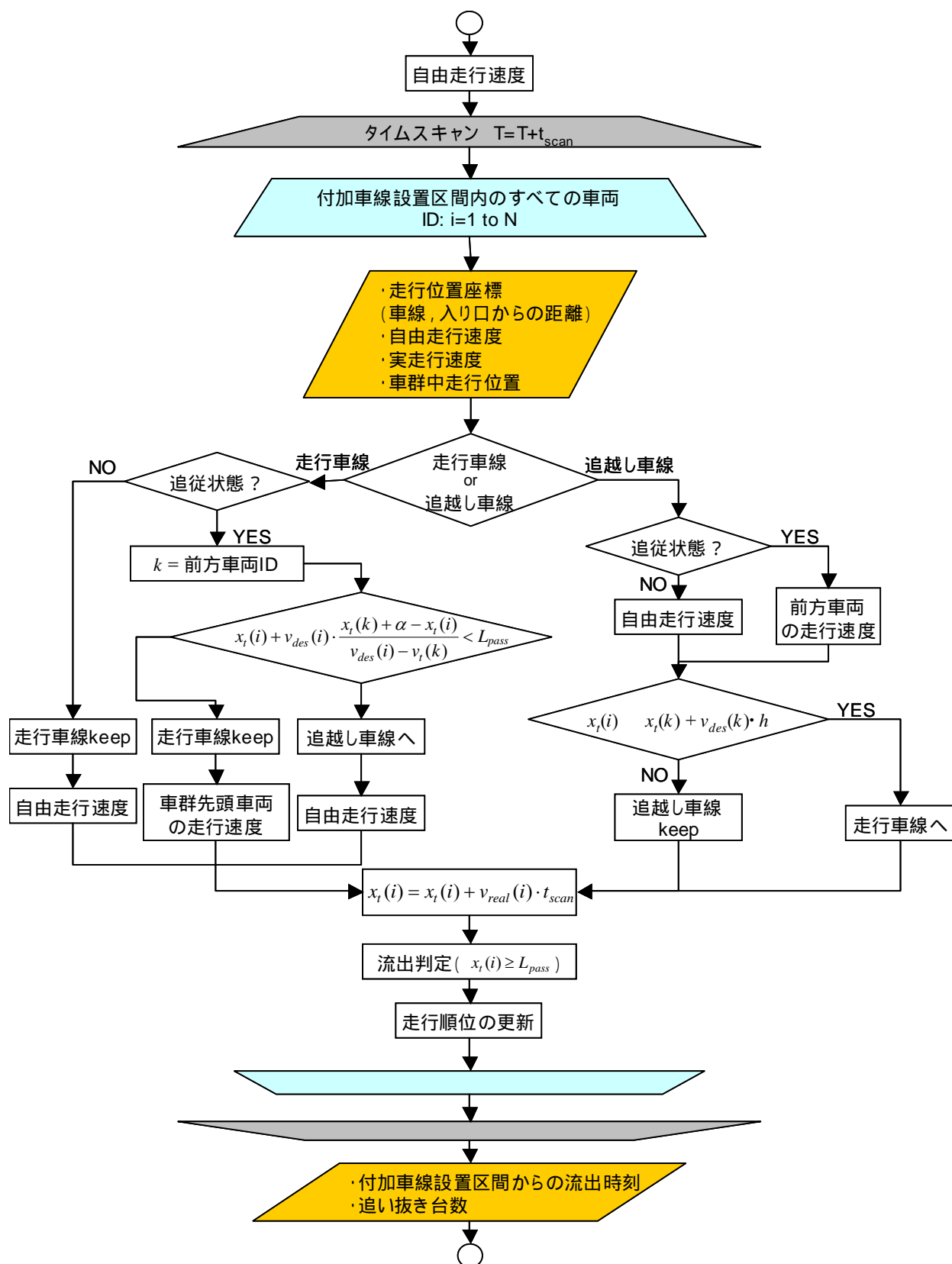


図 5-2-9 車群分散モデルのフローチャート

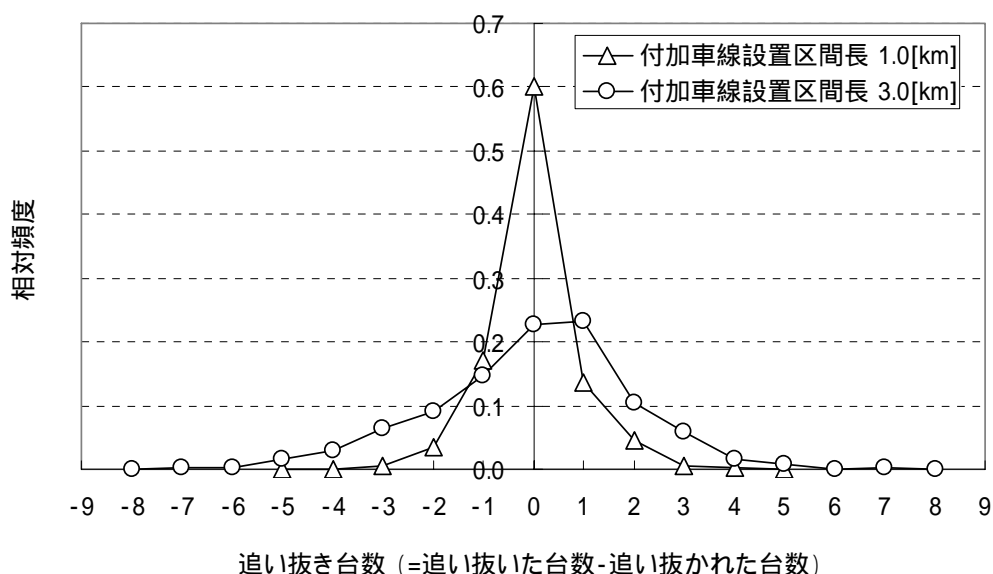


図 5-2-10 付加車線設置区間長の大小による追い抜き台数分布比較

5-2-4 ボトルネック流出モデル

ボトルネック流出モデルは、ボトルネック地点での point queue を想定したモデルとする。モデルではボトルネックに到着する車群に着目し、5-1 節で提示した車群中の車両走行特性を反映する形で、ボトルネックからの流出を車群中の走行位置（先頭車両からの車両順位）に対応する車頭時間に基づいて決定する。

越¹⁾は高速道路トンネルにおけるボトルネック現象に関して、フローティング調査によりトンネル入り口では走行速度が低下することを示した上で、「車群がトンネルに到着すると、各車は前車の影響を受けながら車間距離 - 速度の関係の調節を行う。(中略)先頭車がトンネル内で減速をすれば、後続車の減速はさらに大きくなる。特に、車群の末尾に近い車ほど低下の度合いが大きく、車群が大きければ末尾の車が停止に至る」という仮説を示している。これは、point queue で車群中後方に位置する車両が queue をなすことに対応している。

具体的に、本シミュレーションモデルでは車群がボトルネックを通過する際には、車群中を走行する各車両の車頭時間が一般単路部との比較で一定倍だけ大きくなることで、ボトルネックでの車両の走行挙動を表現する。

5-2-5 渋滞判定基準

日本道路公団では、「走行速度が 40km/h 以下の車列が 1～1.5km 以上」連なるときの交通状態を渋滞として定義している。それに対し、本シミュレーションにおいては、ボトルネック地点における流出レートの低い状態、すなわち車群中 9 台目以降の交通流状態が 15 分以上継続する状態を渋滞として定義する。

5-3 暫定2車線区間のボトルネック交通容量推定シミュレーションの検証

5-2 で構築した暫定2車線区間ボトルネック交通容量推定シミュレーションを実観測データを用いて検証した後、ボトルネック交通容量とボトルネック上流の道路構造の関係について考察を行う。検証にあたっては、東海北陸道上り線の平山トンネル上流区間（観測地点は、図 5-3-1 中 A 地点（74.7kp）、B 地点（72.6kp）、C 地点（70.4kp）の3地点）で観測された車両の到着時刻、及び走行速度に関するデータを用いる。

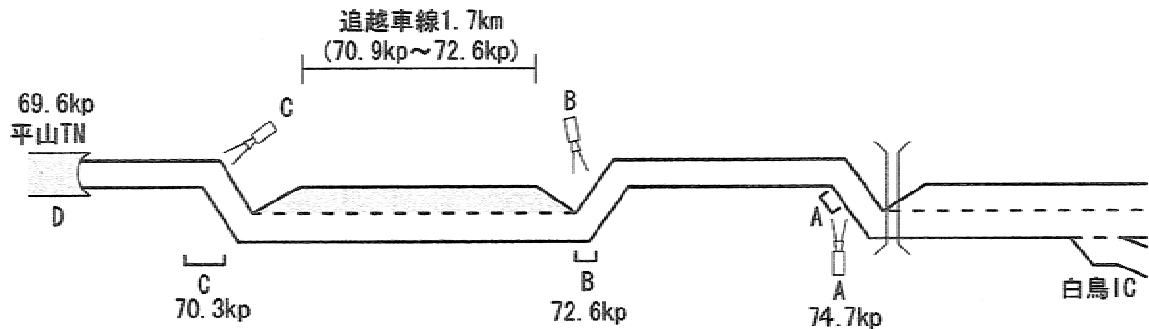


図 5-3-1 交通流観測地点

5-3-1 自由走行速度分布の推定と車群形成モデルの検証

自由走行速度分布のパラメータ (η, μ) は、車両発生モデルならびに車群形成モデルを用いて推定する。具体的には、図 5-3-1 中 A 点で観測された車両の到着時刻を所与とし、車両発生モデル内でガンベル分布 (η, μ) に従って決定される自由走行速度を与え、車群形成モデルによって片側1車線区間（区間長 = 2.1km）の出口における車群台数を計算することで出口における車群台数分布を求める。各台数の車群が、車群形成モデルによって算出される車群台数分布に従う確率で生成されるものとし、実観測によって得られる B 地点での各車群が生成される確率を最大にする自由走行速度分布のパラメータ (η, μ) を求める。すなわち、式(4)の尤度関数を最大化するパラメータ (η, μ) を求める。

ただし、 p_i はシミュレーションの車群形成モデルによって形成された i 台の車群の相対頻度を、 n_{obs}^i は観測によって得られる i 台の車群の観測度数を表す。

$$L(\eta, \mu) = \prod_i p_i^{n_{obs}^i} \quad (4)$$

実観測データは2004年7月19日の15時～16時に観測された交通流データを用いる。なお、観測時間中に発生した時間交通量は1,190台で、渋滞は発生しなかった。また、B地点で観測された各車両の車頭時間データから車群を抽出するに当たり、5-2-1節では、「車頭時間が9.0秒以上の車両を自由走行状態、車頭時間が2.5秒～9.0秒の車両を追従もしくは自由走行状態、車頭時間が2.5秒以下の車両を追従走行状態」に基づいて、現実の状況よりもより厳しい条件の下に車群を抽出するため、図 5-1-1 に示す車群の定義を用いたのに対し、ここでは現実の車群の状況に近づくよう、多少条件を緩めて車頭時間が4.0秒未満であれば追従走行を行っているものとみなした。すなわち、車

頭時間が 4.0 秒以下の車両の連なりを車群として定義した。その概念図を図 5-3-2 に示す。このとき得られた観測により得られた車群台数分布を図 5-3-3 に示す。本研究では前方に追従する車両がなく後方車両にも追従されずに単独で走行する車両は 1 台の車群とみなしている。

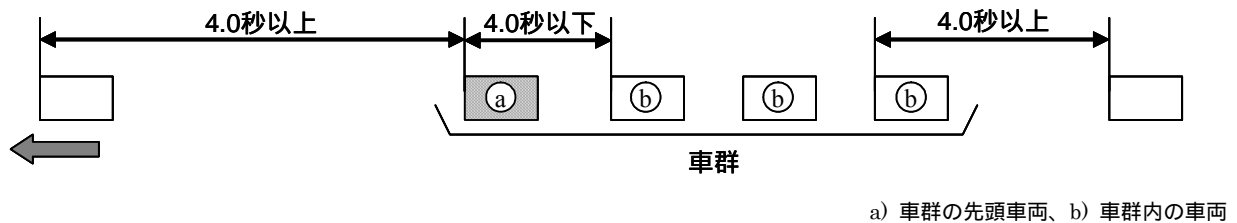


図 5-3-2 車群の定義

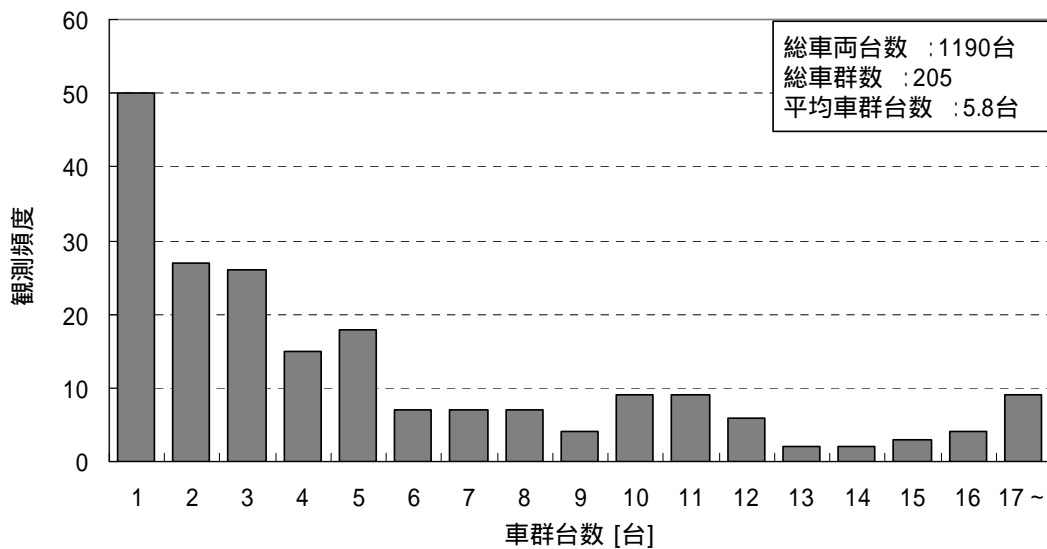


図 5-3-3 B 地点において観測された各車群台数の車群度数分布

シミュレーションでは、式(3)より各車両にランダムに自由走行速度を与えるが、乱数による出力のバラツキを抑えるために、100,000 台の車両を発生させてパラメータ推定を行った。その際、 i 台目に発生する車両の始点出発時刻 $t_{dep}[i]$ は式(5)を用いて与えた。ただし、 $t_{obs}[j]$ は地点 A で観測した j 台目の車両の到着時刻を表す ($1 \leq j \leq 1190$)。

$$t_{dep}[i] = 3600 \cdot \frac{i - \text{mod}(i, 1190)}{1190} + t_{obs}[\text{mod}(i, 1190)] \quad (5)$$

また、車群中走行位置とその車頭時間の関係については、観測データに基づき車群の先頭車両から 1 台目を走行する車両の車頭時間 t_α を 1.7[sec]、2 台目から 8 台目を走行する車両の車頭時間 t_β を 2.0[sec]、9 台目以降を走行する車両の車頭時間 t_γ を 2.3[sec] とした。(表 5-1-1 参照)

以上のデータ、及び手法を用いて自由走行速度分布のパラメータ推定を行った結果、自由走行速度分布のパラメータは $(\eta^*, \mu^*) = (93.3, 0.103)$ と求まった。(図 5-3-4 参照)

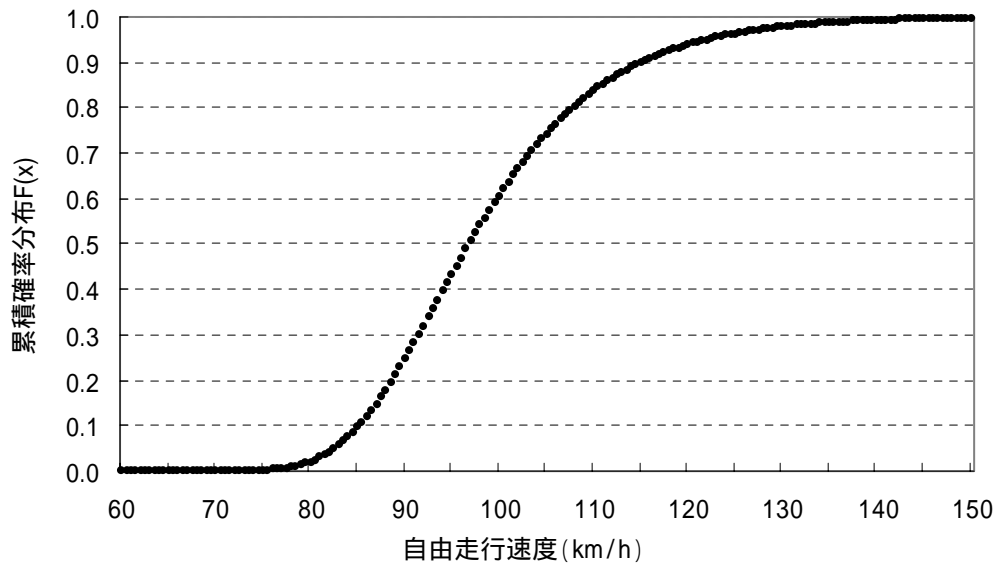


図 5-3-4(1) 自由走行速度分布 ($\eta^* = 93.3$, $\mu^* = 0.103$)

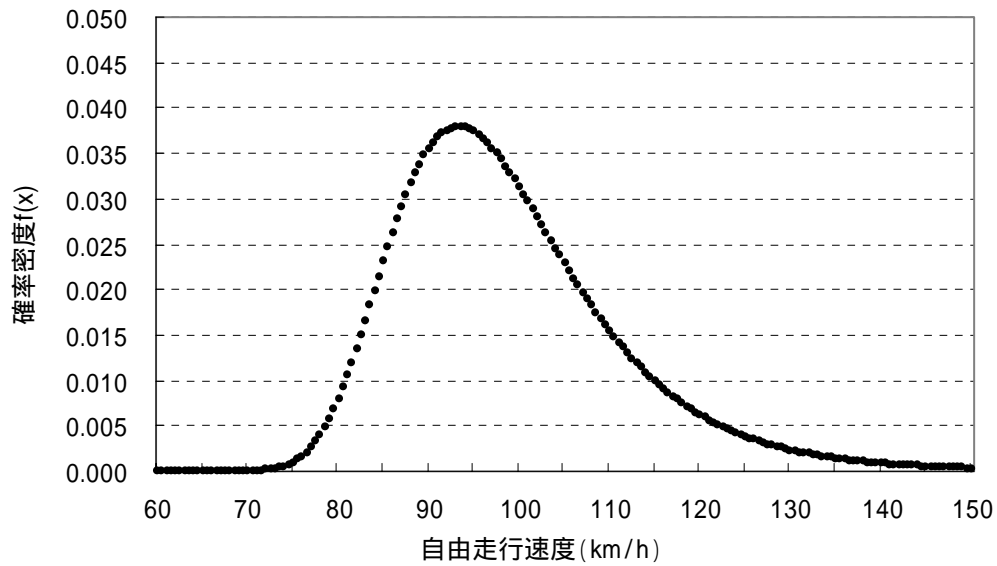


図 5-3-4(2) 自由走行速度分布 ($\eta^* = 93.3$, $\mu^* = 0.103$)

なお、自由走行速度分布のスケールパラメータを μ^* に固定したときの η と尤度値の関係を図 5-3-5 に、また、ロケーションパラメータを η^* に固定したときの μ と尤度値の関係を図 5-3-6 に示す。両図より尤度関数は概ね凸関数であることが確認できる。また、自由走行速度のパラメータを $(\eta^*, \mu^*) = (93.3, 0.103)$ としたときの、シミュレーションによる車群台数の相対頻度分布と実測値の車群台数の相対頻度分布の比較を図 5-3-7 に示す。図より、本シミュレーションによる車群形成モデルが十分な精度で車群形成を再現していることの妥当性を確認した。

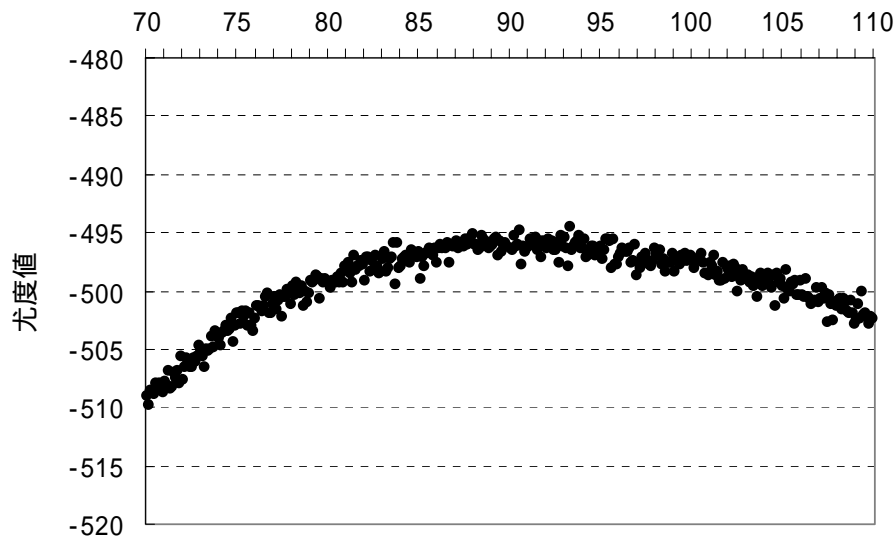


図 5-3-5 自由走行速度パラメータ と尤度値の関係 ($\mu = 0.103$ [km/h])

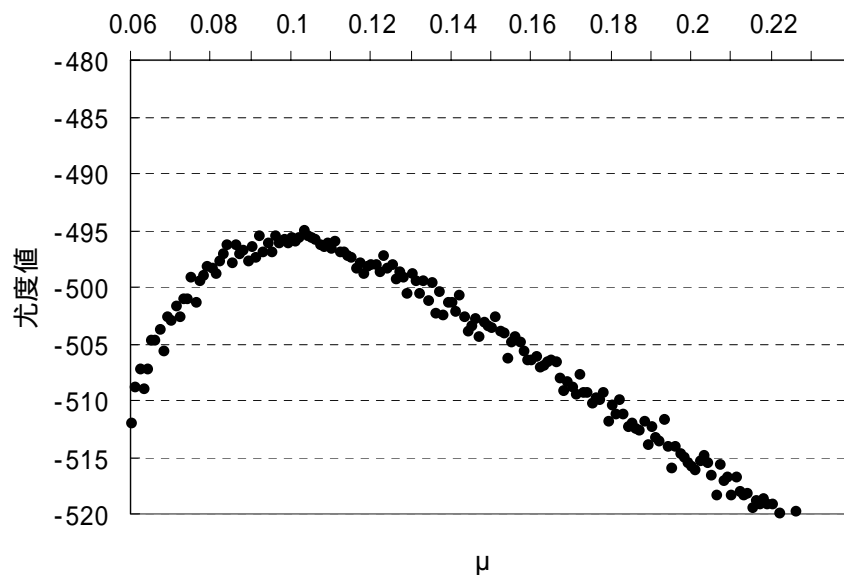


図 5-3-6 自由走行速度パラメータ μ と尤度値の関係 ($\eta = 93.3$ [km/h])

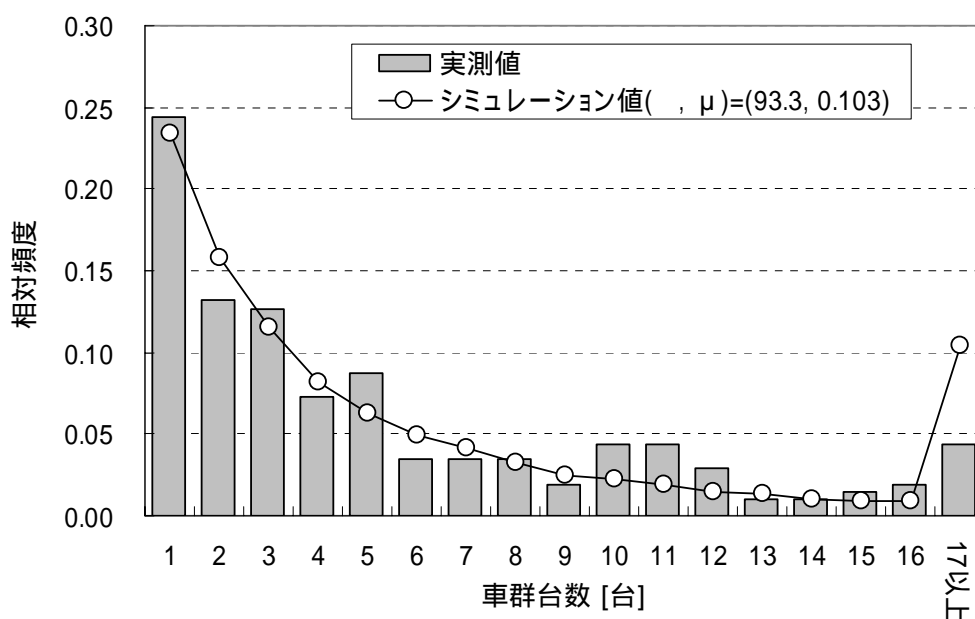


図 5-3-7 シミュレーションによる車群台数分布と実測による車群台数分布の比較

5-3-2 追い抜き判断基準パラメータの推定と車群分散モデルの検証

追い抜き判断基準パラメータ α は、車両発生モデル、車群形成モデル、車群分散モデル、ならびに実測データを用いて推定する。具体的には、図 5-3-1 中 A 点で観測された車両の到着時刻を所与とし、5-3-1 で推定したガンベル分布(93.3, 0.103)に従って決定される自由走行速度を与え、車群形成モデル・車群分散モデルによって片側 1 車線区間 (区間長=2.1km) 及び付加車線設置区間 (区間長=1.7km) を経て、図 5-3-1 中 C 地点に到着するまでに各車両が追い抜く車両台数ならびに追い抜かれる車両台数を計算する。これを繰り返し実行することにより追い抜いた車両台数から追い抜かれた車両台数を差し引いた追い抜き台数分布を求める。この追い抜き台数分布に従って実際の走行車両の追い抜き台数が確率的に決定されるものとし、実観測された車両の A 地点～C 地点での追い抜き台数の同時生起確率が最大となるようにパラメータ α を求める。すなわち、式(6)の尤度関数を最大化するパラメータ α を求める。

ただし、 p_j はシミュレーション中で追い抜き台数が j 台となる車両の相対頻度を表し、 n_{obs}^j は追い抜き台数が j 台の車両の観測度数を表す。

$$L'(\alpha) = \prod_j p_j^{n_{obs}^j} \quad (6)$$

実観測データは、2004 年 7 月 19 日の 15 時～15 時 30 分の間に観測された A 地点における車両の到着時刻と到着順位、及び C 地点における車両の到着時刻と到着順位のデータを用いる。ただし、観測時間中に通過した全 600 台の車両中、A 地点、C 地点共に到着順位を判読できた 121 台のみを実観測データとして用いる。実観測データによる追い抜き台数分布を図 5-3-8 に示す。

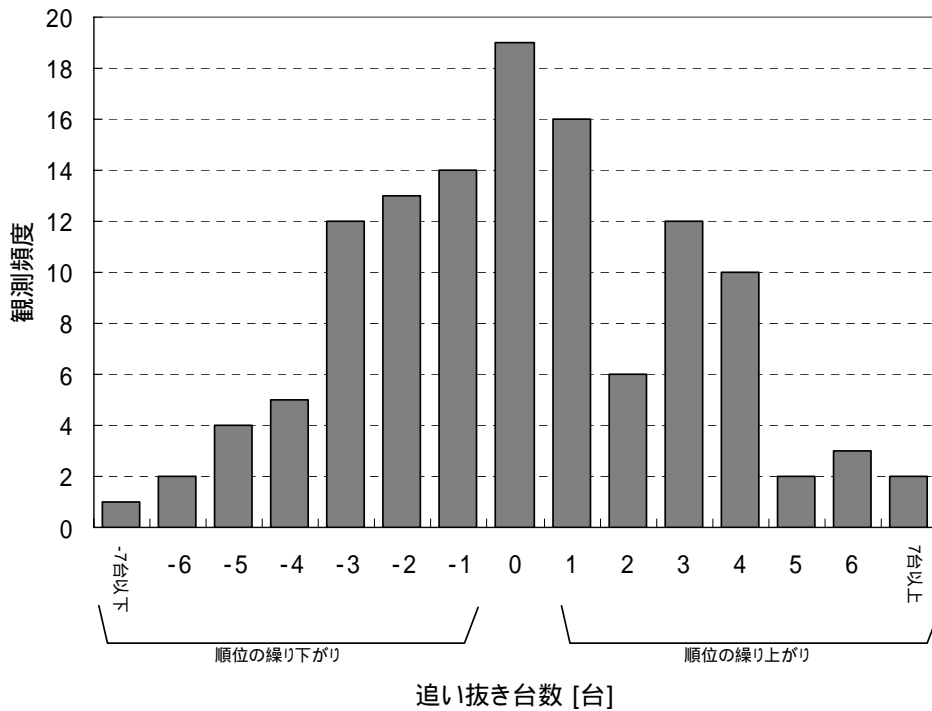


図 5-3-8 A 地点～H 地点間における追い抜き台数分布の観測値

また、車群形成モデルにおける車群中を走行する車両の車頭時間は前節と同様に 1 台目を走行する車両の車頭時間 t_α を 1.7[sec]、2 台目から 8 台目を走行する車両の車頭時間 t_β を 2.0[sec]、9 台目以降を走行する車両の車頭時間 t_γ を 2.3[sec] とし、車群分散モデルにおける走行車線、追越車線の各車線で前方車両に追従しているかどうかの判断基準とする追従時の車頭時間は、実観測による車群中の平均車頭時間 1.95 秒を用いて計算を行う。

シミュレーションでは、式(3)より各車両にランダムに自由走行速度を与えるが、乱数による出力のバラツキを抑えるために、10,000 台の車両を発生させてパラメータ推定を行った。その際、 i 台目に発生する車両の始点出発時刻 $t_{dep}[i]$ は式(7)を用いて与えた。ただし、 $t_{obs}[j]$ は地点 A で観測した j 台目の車両の到着時刻を表す ($1 \leq j \leq 600$)。

$$t_{dep}[i] = 1800 \cdot \frac{i - \text{mod}(i, 600)}{600} + t_{obs}[\text{mod}(i, 600)] \quad (7)$$

このときの追い抜き判断基準パラメータ α と尤度値の関係を図 5-3-9 に示す。図より、パラメータ値が 50m 程度より小さい場合に尤度値がばらついているのが確認できる。これは、パラメータ値を追従時の車頭時間に走行速度を乗じた距離以下の値に設定した場合、追い抜きを完了して走行車線に戻る車両が、追従走行時の車頭間隔に満たない前方に出現することになるため、追従時の車頭時間を確保するために走行車線を走行中の後続車両が減速を強いられるという現実の状況とは異なる現象がシミュレーション上で発生するためであると考えられる。 α が追従時の車頭間隔に相当する 50m 程度より大きい場合に限れば、尤度関数は概ね滑らかで連続な関数形であることが見て取れる。結果、尤度を最大にする α は $\alpha^* = 78.0 [m]$ ($L'(\alpha^*) = -300.46$) となった。また、追い抜き判断基準パラメータ α^* としたときのシミュレーションによる追い抜き台数分布の相対頻度値と実観測データによる追い抜き台数分布の相対頻度値の比較を図 5-3-10 に示す。図より、多少のバラツキ

はあるものの、本シミュレーションによる車群分散モデルの妥当性を確認することができる。

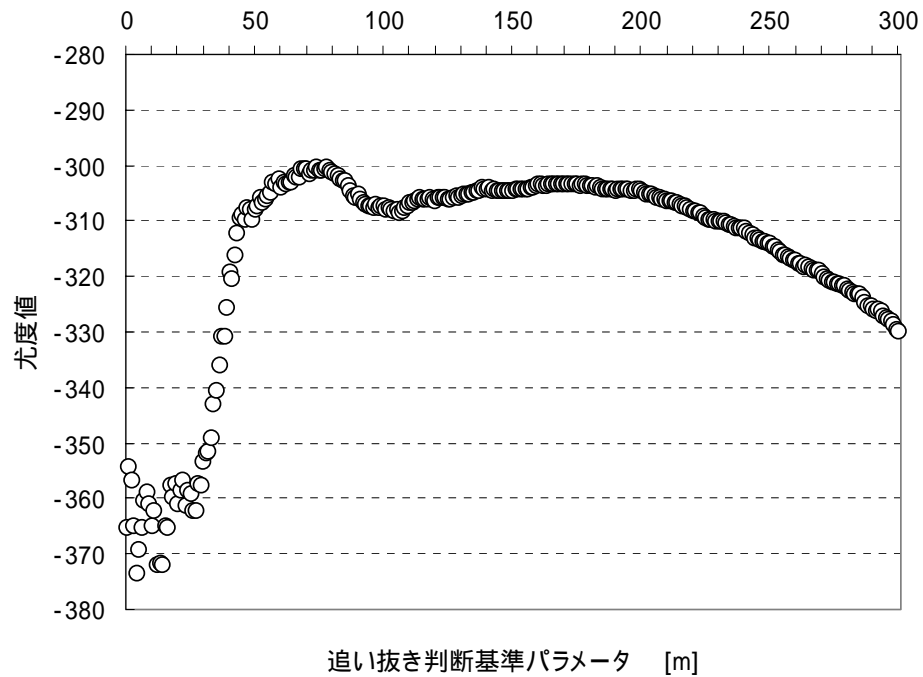


図 5-3-9 追い抜き判断基準パラメータ と尤度値の関係

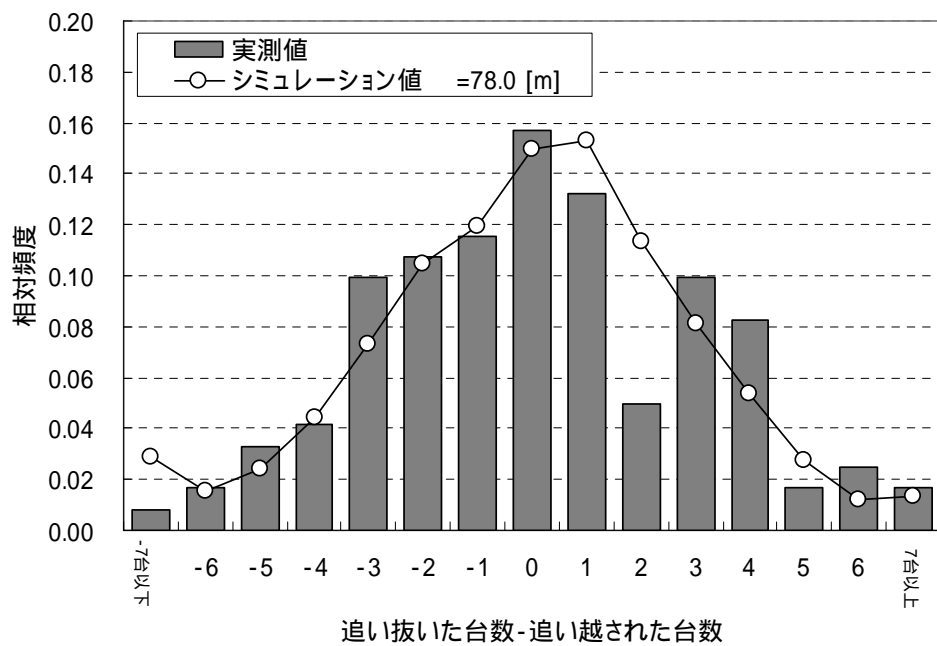


図 5-3-10 シミュレーションによる追い抜き台数分布と実測による追い抜き台数分布の比較

5-4 ボトルネック交通容量の推定

本節では、車両発生モデル、車群形成モデル、車群分散モデル、及びボトルネック流出モデルから構成されるシミュレーションを用いて、高速道路暫定2車線区間上のボトルネックにおける渋滞現象を確率的に表現し、第3章および第4章で示した「上流側片側1車線区間長ならびに上流側付加車線延長がボトルネック容量に影響を与えること」を検証する。

5-4-1 シミュレーションの設定条件

シミュレーションは、できる限り現実に近い状況下での実施を目的に、各種データ観測を行った東海北陸道上り線区間（図 5-3-1 参照）を対象とする。具体的には、車両の発生間隔を一定とし、自由走行速度分布を与えるガンベル分布のパラメータに 5-3-1 で推定した値 $(\eta, \mu) = (93.3, 0.103)$ を用いた車両発生モデルによって図 5-3-1 中 A 地点に車両を発生させる。車群形成モデルにおける車群中を走行する車両の車頭時間は前節と同様、観測結果に基づいて1台目を走行する車両の車頭時間 t_α を 1.7 秒、2台目から8台目を走行する車両の車頭時間 t_β を 2.0 秒、9台目以降を走行する車両の車頭時間 t_γ を 2.3 秒とする。一方、車群分散モデルにおける走行車線、追越車線の各車線で前方車両に追従しているかどうかの判断基準とする追従時の車頭時間は、実観測による車群中の平均車頭時間 1.95 秒を用いる。また、車群分散モデルにおけるパラメータは 5-3-2 で推定した値 $\alpha = 78.0$ を用い、ボトルネック流出モデルでは、ボトルネック通過時には車群中を走行する各車両の車頭時間が一般単路部との比較で 1.2 倍大きくなるとの想定でシミュレーションを実行し、

- 1) 上流側片側1車線区間長が長くなれば渋滞発生時交通量が小さくなる
- 2) 上流側付加車線延長が長くなれば渋滞発生時交通量が大きくなる

という交通現象に関する仮説を検証する。

5-4-2 渋滞発生の判断と5%渋滞発生時交通量

シミュレーションでは、上記に従い図 5-3-1 中 A 地点において発生交通量一定の下に30分間車両を発生させる。発生した車両は片側1車線区間、付加車線設置区間、及び片側1車線区間を移動し最終的にボトルネックから流出する。シミュレーション実行時に渋滞が発生したかどうかの判断は、原則として 5-2-5 に示した渋滞の定義に基づいて行う。具体的には、30分間に発生した車両がボトルネックを通過する際に、車群中9台目以降を走行する車両の車頭時間に相当する長い車頭時間を保ちながら15分以上継続してボトルネックから車両が流出し続ける状況をもって渋滞発生と判断する。

計算は同一の発生交通量の下で1,000回繰り返し行い、1,000回中渋滞の発生した回数の割合をもって渋滞発生確率とする。さらに、目安になる値として渋滞発生確率5%の発生交通量をもって“5%渋滞発生時交通量”と定義する。5%渋滞発生時交通量に相当する交通需要が生じた場合には、渋滞発生確率が5%に過ぎないということを示すものであるが、同程度の需要が時間的に連続して発生する場合には非常に高い確率で渋滞が発生するということになることから、平均的な渋滞発生時交通量に代わる指標として用いることとする。

5-4-3 シミュレーション結果

1) 上流側片側1車線区間長と5%渋滞発生時交通量

ここでは、付加車線設置区間より上流の片側1車線区間長(図5-3-1 中区間 AB)、付加車線設置区間長(図5-3-1 中区間 BC)をそれぞれ実際の距離である2.1 km、1.7 kmに設定し、ボトルネック上流側片側1車線区間長(図5-3-1 中区間 CD)を500、1000、2,000、5,000、10,000、100,000mと変化させた場合の異なる発生交通量に対する渋滞発生確率を算出する。

算出された各上流側片側1車線区間長別の発生交通量に対する渋滞発生確率を図5-4-1に示す。図は、発生交通量が高くなるに従って渋滞発生確率が上昇し、やがて必ず渋滞が発生することを示している。ただし、片側1車線区間長を極端に長くした場合には、交通量が十分大きくなっても渋滞発生確率が100%に至っていない。この理由は以下の通りである。

片側1車線区間長を極端に長くした場合、自由走行速度の大きな車両は必ず前方を走行する自由走行速度の小さな車両に追いつくため、順に先頭車両の自由走行速度が遅くなるような車群が長い時間間隔を置いてボトルネックに到着することになる。そのため、発生交通量が十分に大きくなった場合でも車群中9台目以降を走行する車両の車頭時間に相当する長い車頭時間を保ちながら15分以上継続してボトルネックから車両が流出し続ける状況が発生しないことがある。しかしながら、このような場合には、対象とする30分間に発生した交通がボトルネック通過に要する時間が極端に長くなっており、対象とする時間に続いて発生する交通が必ず渋滞を引き起こすことになる。すなわち、実質は渋滞発生に等しい状況が生起しているにもかかわらず、本計算による渋滞判定では渋滞と判定されない状況が発生していることによるものである。

次に、上流側片側1車線区間長の違いによる渋滞発生確率の違いに着目すると、比較的交通需要が少ない状況(図中概ね1,310台/時程度まで)では上流側片側1車線区間長が長くなるに従って渋滞発生確率の上昇が確認できるが、交通需要が大きい状況では(図中概ね1,310台/時以上)上流側片側1車線区間長が長くなったにもかかわらず渋滞発生確率が下降するという交通需要が少ない状況下とは反転した結果が得られている。これは、以下による理由を原因とした現象であると考えられる。

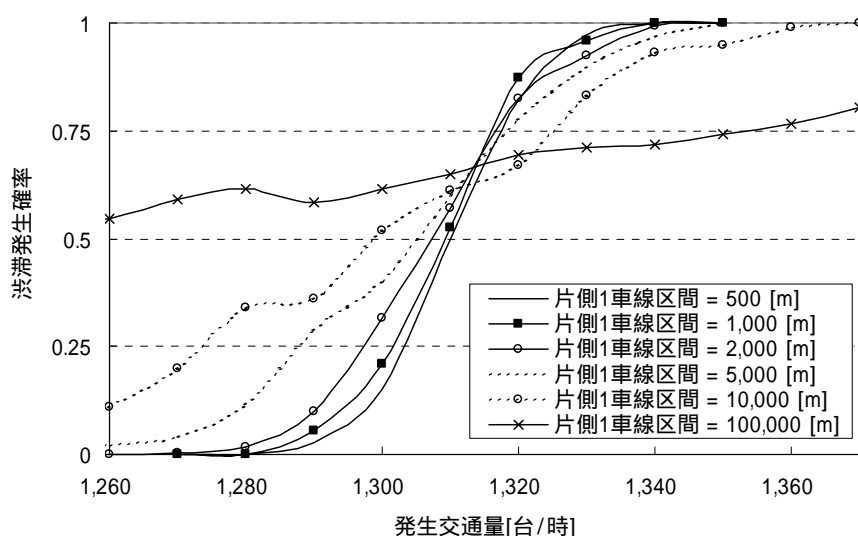


図 5-4-1 片側1車線区間長と渋滞発生確率の関係

ボトルネック地点において車両が流出する際の車頭時間は片側1車線区間開始地点（図5-3-1中C）における車頭時間よりも長いことから、車群がボトルネックを通過するのに要する時間は、片側1車線区間への流入時に要した時間よりも長くなる。そのため、前方車群先頭車の自由走行速度が後方車群先頭車の自由走行速度よりも大きくかつ短い時間差のもとに前後して片側1車線区間に流入する2つの車群を考えた場合、後方車群の移動速度の方が前方車群の移動速度よりも低く、一般には後方の車群が前方車群に追いつくことは考えられない。しかしながら、片側1車線区間流入時の前方車群先頭車と後方車群先頭車の通過時間差が前方車群のボトルネック通過に要する時間よりも短い状況が発生しうる。この状況下で、後方車群が前方車群から十分に引き離される前にボトルネックに到着する場合には、後方車群が前方車群に追いつき大きな車群を形成することになる。この現象は片側1車線区間長が短いほど生じやすく、一方で、交通量が大きくなると片側1車線区間に流入する車群間の時間差、すなわち先行する車群の最後尾の車両が片側1車線区間に流入してから後続車群の先頭車両が片側1車線区間に流入するまでの時間差が短くなる。すなわち、より後方車群が前方車群に追いつき易くなる。このことから、相前後する車群間の時間差が短くなる比較的大きな交通需要量下では、片側1車線区間走行中に前方車群に後方車群が追いつくことで大きな車群を形成するという現象よりも、後方車群が前方車群から離される前にボトルネックに到達することで大きな車群を形成するという現象が卓越して、結果的に片側1車線区間長の短い方が高い確率で渋滞を引き起こすという反転現象が現れる。

次に、片側1車線区間長と5%渋滞発生時交通量の関係について図5-4-2に示す。ただし、5%渋滞発生時交通量 C_5 は、発生交通量 μ_1 [台/時] のときの渋滞発生確率を $P_{cong}[\mu_1]$ 、 μ_2 [台/時] のときの渋滞発生確率を $P_{cong}[\mu_2]$ としたとき、発生交通量 μ ($\mu_1 < \mu < \mu_2$) のときの渋滞発生確率 $P_{cong}[\mu]$ を線形補完により式(8)を使って評価することにより求めた。

$$P_{cong}[\mu] = \frac{(\mu_2 - \mu)P_{cong}[\mu_1] + (\mu - \mu_1)P_{cong}[\mu_2]}{\mu_2 - \mu_1} \quad (8)$$

図より、片側1車線区間長が長くなるに従って5%渋滞発生時交通量が小さくなることが示された。このことから、片側1車線区間長が長くなると比較的低い交通量でも渋滞を発生させるきっかけとなること、すなわち“上流側片側1車線区間長が長くなれば渋滞発生時交通量が小さくなる”という仮説を支持する結果が得られた。

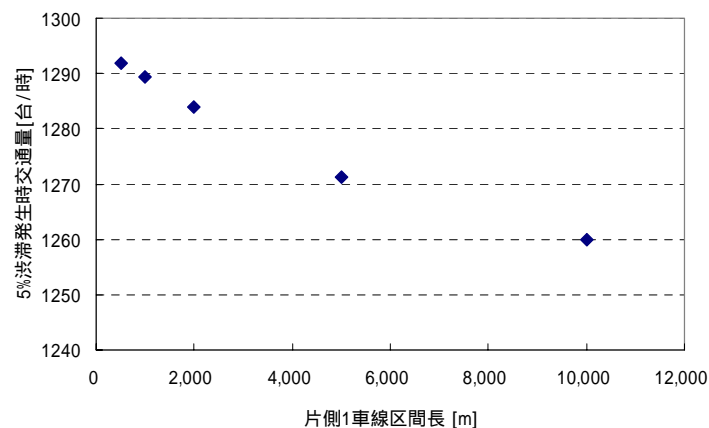


図 5-4-2 片側1車線区間長と5%渋滞発生時交通量の関係

低速度走行車両の混入による影響

本シミュレーションでは各車両の自由走行速度を $(\eta, \mu) = (93.3, 0.103)$ のガンベル分布に従って発生させている。そのため、極端に走行速度の遅い車両が混在することはごく希である。しかし、実際の交通流では大型車など、他の車両との比較で極端に走行速度の低い車両が混在することによって渋滞が引き起こされる可能性が指摘されている。そこで、シミュレーションの設定条件は 5-4-1 に示した通りのまま、1 台目に発生させる車両の走行速度を低速 (54.0[km/h]) に設定し、ボトルネック上流側片側 1 車線区間長を 500、1,000、2,000、5,000、10,000m と変化させた場合の渋滞発生確率、並びに 5%渋滞発生時交通量を算出した。

各上流側片側 1 車線区間長別の発生交通量に対する渋滞発生確率を図 5-4-3 に、片側 1 車線区間長と 5%渋滞発生時交通量の関係を図 5-4-4 に示す。結果、図 5-4-1 及び図 5-4-2 との比較で、各片側 1 車線区間長ともに低い交通量レベルでも渋滞が発生していることが読み取れる。特に片側 1 車線区間が長いケースほど低速車の影響による渋滞発生時交通量の低下が大きいということが示された。これは、片側 1 車線区間が長いほど低速車がボトルネックを通過するまでにかかる時間が長くなり、その結果、低速車に追従を強いられることによって形成される車群が大きくなることに起因する。また、図 5-4-1 では、片側 1 車線区間長と渋滞発生確率の関係が交通需要の大小により反転する結果が得られたが、低速車両の混入を考慮した場合に反転現象は認められなかった。

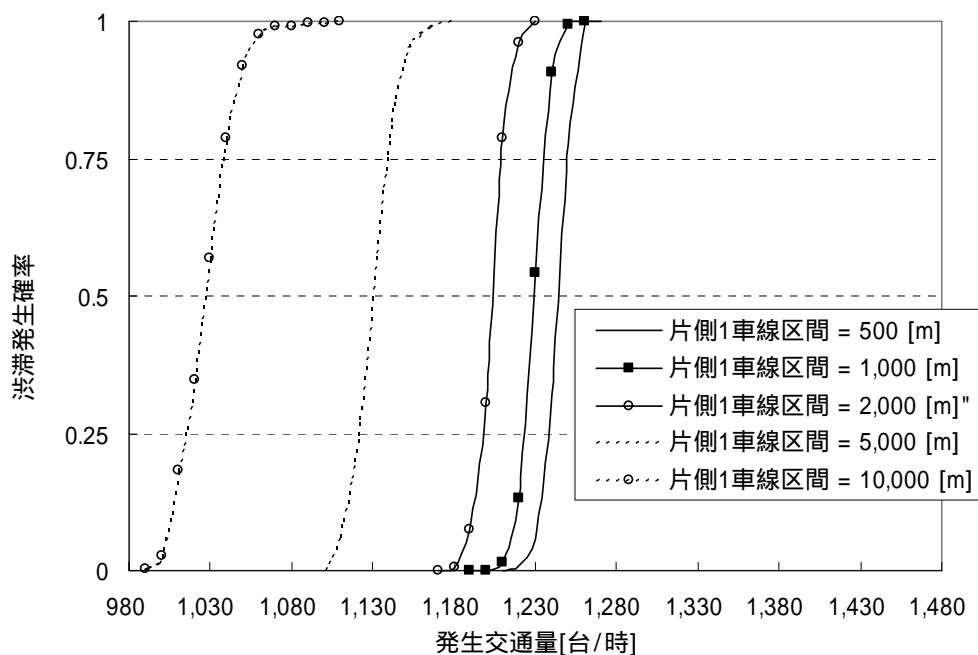


図 5-4-3 低速車両混入時における発生交通量と渋滞発生確率の関係

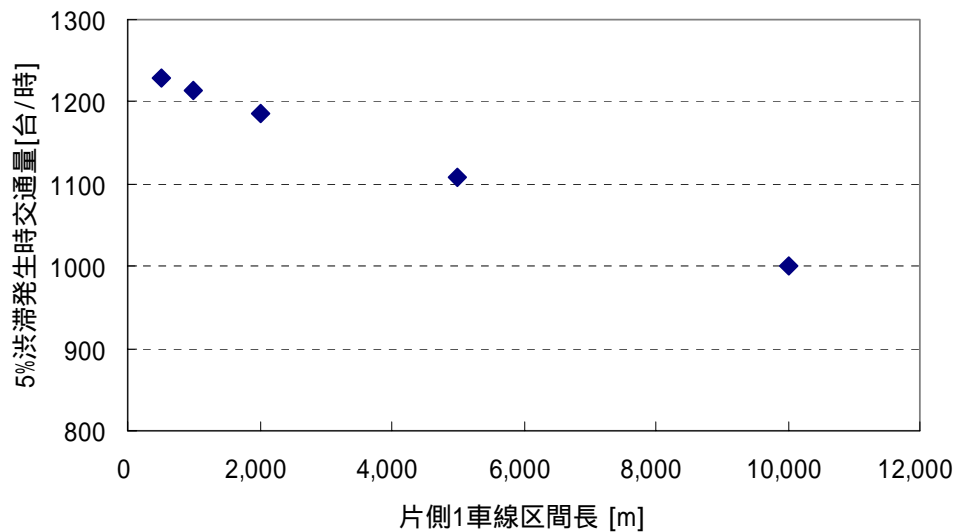


図 5-4-4 低速車両混入時における片側 1 車線区間長と 5%渋滞発生時交通量の関係

2) 上流側付加車線延長と 5%渋滞発生時交通量

続いて、付加車線設置区間より上流の片側 1 車線区間長（図 5-3-1 中区間 AB）、ボトルネック上流側片側 1 車線区間長（図 5-3-1 中区間 CD）をそれぞれ実際の距離である 2.1 km 1.3 km に設定し、付加車線設置区間の延長（図 5-3-1 中区間 BC）を 500、1,000、2,000、5,000、10,000m と変化させた場合の発生交通量に対する渋滞発生確率を算出する。

算出された各付加車線延長別の異なる発生交通量に対する渋滞発生確率を図 5-4-5 に示す。さらに、付加車線延長と 5%渋滞発生時交通量の関係を図 5-4-6 に示す。

図 5-4-5 よりいずれの付加車線延長においても発生交通量が多くなるに従って渋滞発生確率が高くなっていることが読み取れる。また、前項の片側 1 車線区間長を変化させた場合と逆に、発生交通量が低い場合には、付加車線延長が長いほど渋滞発生確率が高くなっているのに対して、発生交通量が大きくなると、付加車線延長が長いほど渋滞発生確率が低くなるという逆転現象が認められる。また、図 5-4-6 より付加車線設置区間が長くなるほど 5%渋滞発生量も小さくなる、すなわち上流側付加車線延長が長くなれば渋滞発生時交通量が低下するという、仮説とは逆の結果を得た。これは、シミュレーション上では付加車線において高い速度で走行する車両が低い速度で走行する車両を追い越すことができるものの、追い越す車両と追い越される車両との速度差が大きくない車両が追い越しを行った際に、長い時間に亘って 2 車線を塞ぐことになり後続車両が追い越すことができないため 2 車線分の大きな車群を形成して、付加車線設置区間から片側 1 車線区間に流入するという現象がしばしば発生する。そのため、付加車線設置区間が長くなるほど、渋滞が発生しやすくなるという措定した仮説に反する結果を得たものと考えられる。

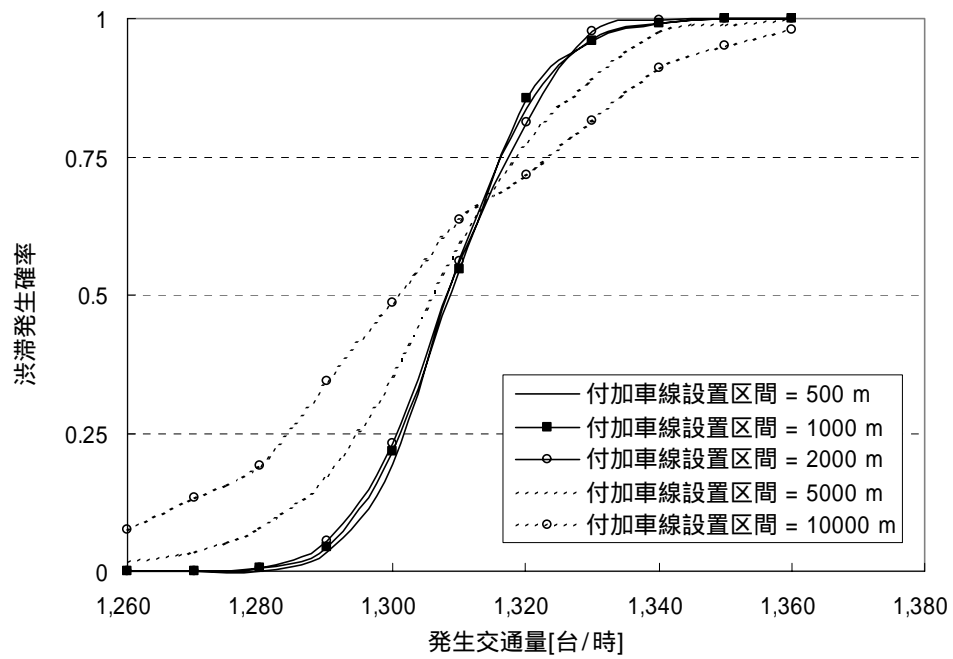


図 5-4-5 発生交通量と渋滞発生確率の関係

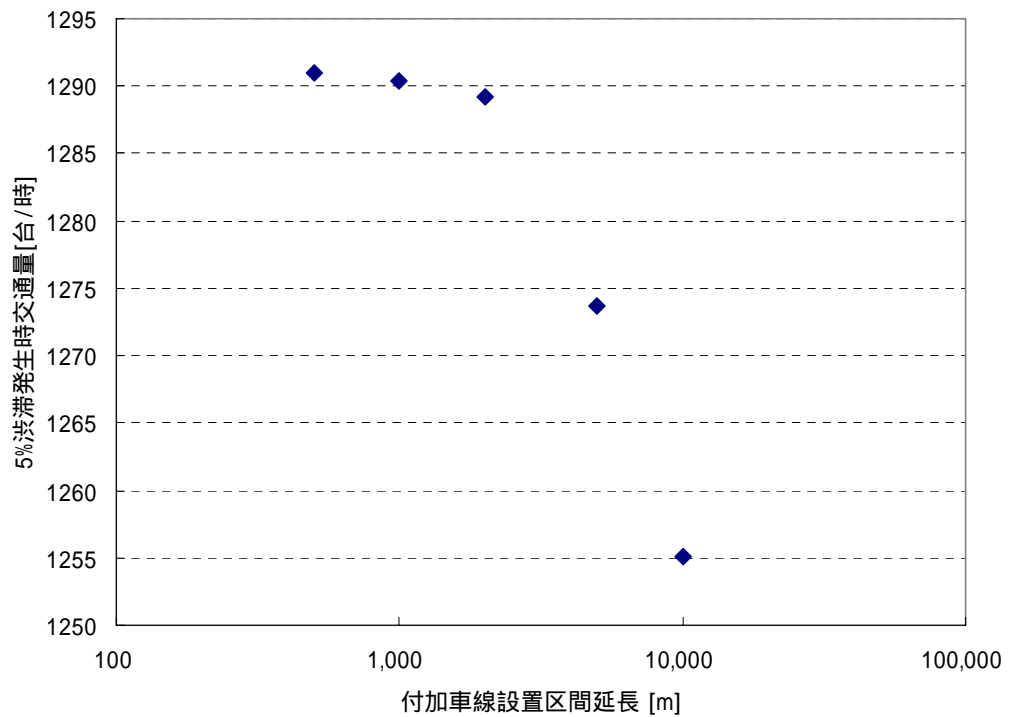


図 5-4-6 付加車線設置区間長と 5%渋滞発生時交通量の関係

注) 付加車線設置区間延長を示す軸は対数軸を使用している。

低速度走行車両の混入による影響

前項と同様に、現実の交通条件を勘案して、極端に低速で走行する車両の存在を考慮し、シミュレーションの設定条件は 5-4-1 に示した通りのまま、1 台目に発生させる車両の走行速度を低速（54.0[km/h]）に設定し、付加車線延長を 500、1,000、2,000、5,000、10,000m と変化させた場合の渋滞発生確率、並びに 5%渋滞発生時交通量を算出した。

算出された各付加車線延長別の異なる発生交通量に対する渋滞発生確率を図 5-4-7 に示す。さらに、付加車線延長と 5%渋滞発生時交通量の関係を図 5-4-8 に示す。図 5-4-7 より、各付加車線設置区間長において発生交通量の上昇と共に渋滞発生確率が高くなること、また、同一の発生交通量に対しては付加車線設置区間長が長くなるほど渋滞発生確率が低くなることが確認できる。また、図 5-4-8 により付加車線延長が長くなるほど 5%渋滞発生時交通量が大きくなることが示された。すなわち、現実に近い状況設定下では、上流側付加車線延長が長くなれば渋滞発生時交通量が大きくなるという仮説を支持する結果が得られた。

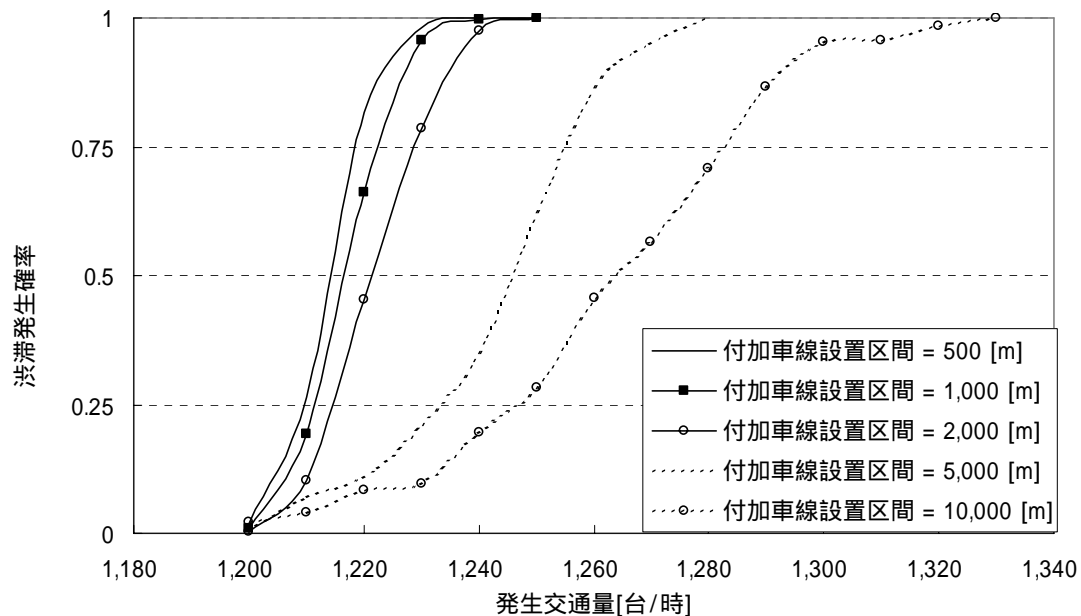
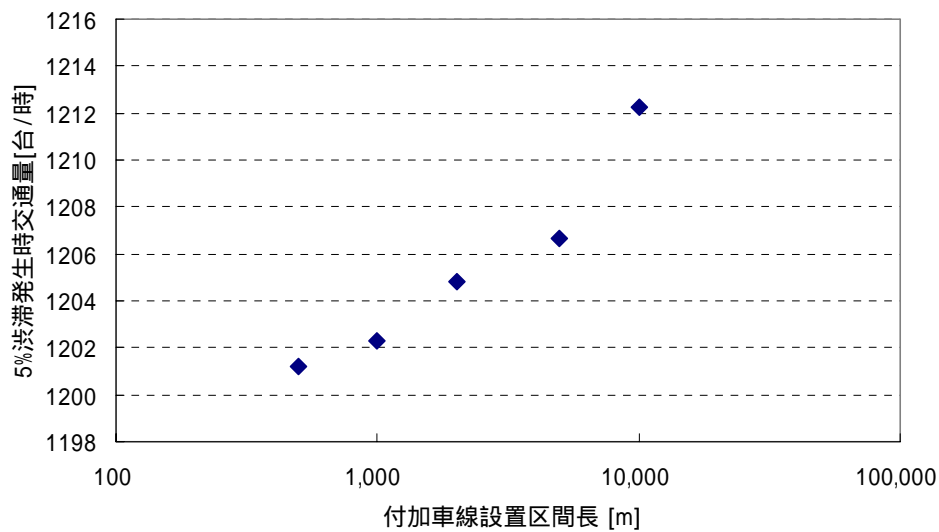


図 5-4-7 低速車両混入時における発生交通量と渋滞発生確率の関係



注) 付加車線設置区間延長を示す軸は対数軸を使用している。

図 5-4-8 低速車両混入時における付加車線設置区間長と 5%渋滞発生時交通量の関係

以上の結果より、高速道路暫定 2 車線区間におけるボトルネックでは、ボトルネックに到達するまでに車群形成を抑制するような道路構造を設けること、すなわち付加車線設置区間を延伸し、ボトルネックまでの片側 1 車線区間を短くすることが渋滞対策となりうることを示すことができた。

しかし、極端に低速度で走行する車両を考慮しないときは仮説と逆の結果が得られたことから、自由走行速度分布設定の方法については改善の余地があると考えられる。また、本シミュレーションでは各車両の加減速性能、道路の縦断勾配による車両挙動への影響等を考慮していない。さらに、車群における追従挙動、ボトルネックから流出する際の車両挙動、付加車線設置区間での追従車頭時間など、個々の車両によって異なると考えられる車両挙動について画一的なものとして取り扱っている。今後は、それらの点を考慮に入れることでより正確にボトルネック現象を表現するシミュレーションモデルの構築を行う必要がある。

第6章 暫定2車線区間ボトルネック交通容量推定の適用

本章では、暫定2車線区間ボトルネック交通容量推定の適用事例として、東海北陸道の4車線化事業を対象に、顕在化しているボトルネックを解消することによって発生する潜在的ボトルネックの推定方法と、潜在的ボトルネックの交通容量の推定方法について述べるとともに、推定した潜在的ボトルネックの交通容量および交通需要パターンを用いた渋滞予測手法と、これによって計画した段階供用の結果検証について述べる。

東海北陸道の美濃 IC～美並 IC は、平成16年12月に4車線化供用した。当該区間には、美並 IC の直近下流に位置する「苅安 TN」が当該道路を代表するボトルネックとして存在しており、これまで大きな渋滞要因となっていた。お盆や冬期スキーシーズンには、このボトルネックを先頭とする渋滞が30km以上延伸し上流の白鳥 IC まで繋がり、一般利用者を含め、少しでも早くボトルネックの解消が求められていた。

当初は美濃 IC～美並 IC 間の一括4車線化を予定していたが、こうした背景のもと、お盆時期の大きな渋滞を低減することを目的に、苅安 TN を含む大矢南 IC～美並 IC 間を8月のお盆前に先行して4車線化を実施し、その後、新たなボトルネックとして想定した古城山 TN 付近を10月に4車線化し、12月に美濃 IC～美並 IC 間全線の4車線化を行った。

6-1 ボトルネックの推定

4車線化段階供用を効果的・効率的に進めるためには、ボトルネックの把握が必要である。

ここでは、供用済暫定2車線区間を対象とし、東海北陸道の美濃 IC～白鳥 IC 間において、フローティング調査結果を基に潜在的ボトルネックの推定を行った。

なお、未供用の暫定2車線区間のボトルネックを推定する際、暫定2車線区間の縦断・平面線形等の道路構造の整理し、サグ・トンネルに着目したボトルネックの抽出が必要である。

(1) フローティング調査時の交通状況

図6-1-1に車両感知器の設置位置を示すとともに、図6-1-2に調査日の車両感知器データから作成した速度コンター図を示す。

2月22日においては、美並 IC 先の苅安 TN 付近(48kp 付近)を先頭に、13時30分頃～20時頃にかけて最大20km程度の渋滞が発生した。また、郡上八幡 IC 先の亀尾島 TN 付近(58kp 付近)においても、速度低下傾向が見られる。2月23日は、渋滞が発生しなかった。

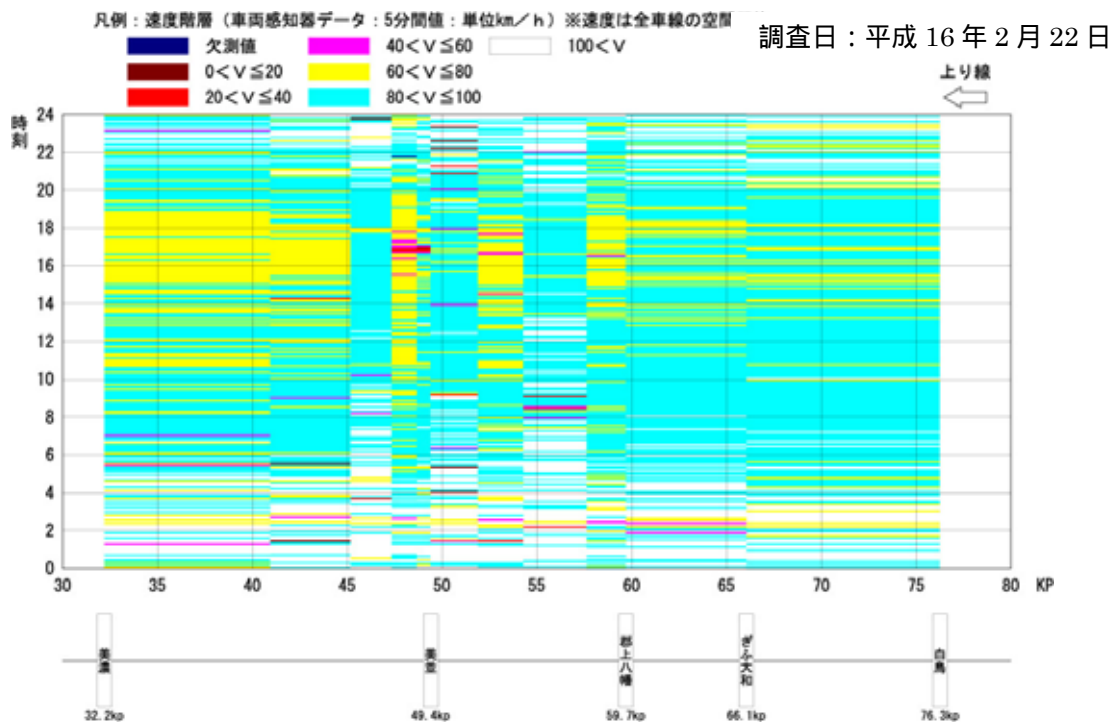


図 6-1-2(1) 東海北陸道(上り線)美濃～白鳥間の速度コンター図

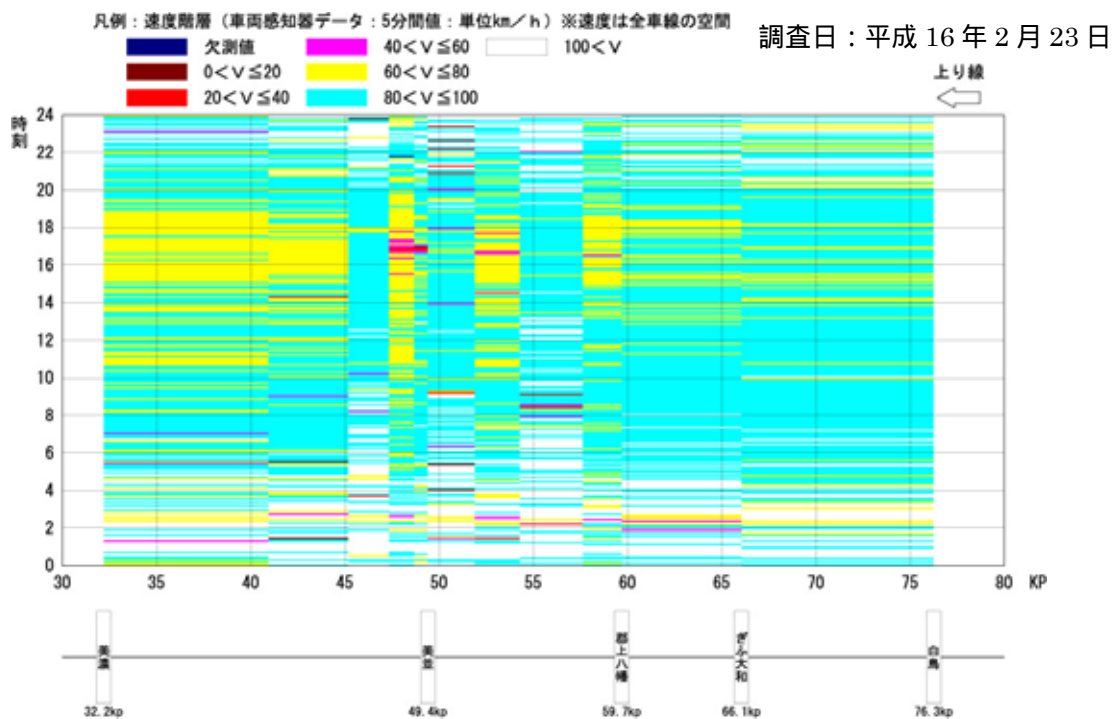


図 6-1-2(2) 東海北陸道(上り線)美濃～白鳥間の速度コンター図

(2) フローティング調査結果

図 6-1-3 に非渋滞流時の地点別平均速度図を示す。

- ・ 上り線の 2 月 22 日(日)の 13 時 26 分スタートと 15 時 55 分スタートの 2 回は、苅安 TN 付近、亀尾島 TN 付近で渋滞列の中を走行した。
- ・ 上記以外の上り線 6 回、下り線の 8 回においては、非渋滞流の走行環境下で走行した。

表 6-1-1 に、非渋滞流時において、速度が低下している地点と、その時の速度低下状況、上流側との速度差をとりまとめたものを示す。

表 6-1-1 東海北陸道(上下線)の速度低下地点と平均速度

上下	地点名	測 点	非渋滞時平均速度の 低下状況		上流側との速度差 (平均速度)
			低下前速度 ^{注1)}	最低速度	
上り線	古城山TN付近	38kp付近	97.3	71.9	25.4
	鶴形山TN付近	41kp付近	83.8	71.9	11.9
	黒地TN付近	43kp付近	88.3	75.5	12.8
	苅安TN付近	49kp付近	90.7	70.7	20.0
	山田TN付近	52kp付近	90.0	75.5	14.5
	亀尾島TN付近	58kp付近	89.1	78.5	10.6
	神路TN付近	65kp付近	93.6	84.7	8.9
	平山TN付近	68kp付近	104.9	82.6	22.3
下り線	美濃TN付近	33kp付近	- 注2)	79.0	-
	古城山TN付近	37kp付近	88.4	81.5	6.9
	立花TN付近	40kp付近	84.4	75.6	8.8
	鶴形山TN付近	41kp付近	78.9	75.0	3.9
	黒地TN付近	44kp付近	86.8	74.7	12.1
	勝原TN付近	45kp付近	86.8	72.9	13.9
	野首橋付近	50kp付近	91.0	76.5	14.5
	赤谷TN付近	54kp付近	86.8	81.7	5.1
	雛成TN付近	57kp付近	83.6	78.3	5.3
	小瀬子TN付近	62kp付近	90.6	79.5	11.1
	大和橋付近	66kp付近	90.6	80.0	10.6
	中津屋橋付近	74kp付近	85.2	74.4	10.8

注 1) 最低速度に至る一連の速度低下が始まる直前の速度を読み取った。

注 2) 走行開始地点直近のため把握できない

(3) ボトルネックの推定結果

フローティング調査の速度低下箇所を潜在的ボトルネックとして推定した。

東海北陸道の美濃 IC ～ 白鳥 IC 間における顕在化ボトルネックと潜在的ボトルネックは表 6-1-2 のとおりである。

表 6-1-2 東海北陸道(上下線)美濃～白鳥間のボトルネック推定結果

区 分	上り線	下り線	
顕在化 ボトルネック	古城山 TN 付近 苅安 TN 付近 亀尾島 TN 付近 平山 TN 付近	美濃 TN 付近 立花 TN 付近 勝原 TN 付近	古城山 TN 付近 鶴形山 TN 付近 赤谷 TN 付近
潜在的 ボトルネック	鶴形山 TN 付近 黒地 TN 付近 山田 TN 付近 神路 TN 付近	黒地 TN 付近 雛成 TN 付近 大和橋付近	野首橋付近 小瀬子 TN 付近 中津屋橋付近

6-2 ボトルネック交通容量の推定

潜在的ボトルネックの交通容量の推定は、まず顕在化ボトルネックの交通容量を算出し、その上で、フローティング調査の走行速度や車両感知器データを勘案して行った。

6-2-1 顕在化ボトルネックの交通容量の算出

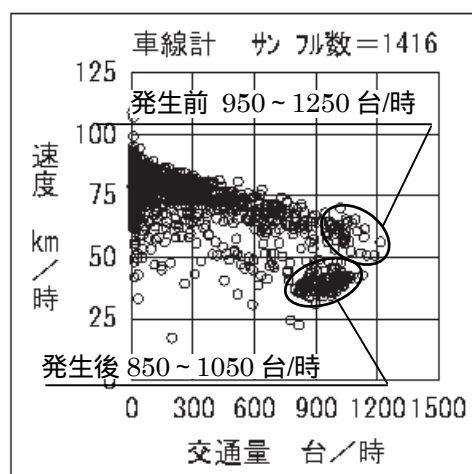
顕在化ボトルネックの交通容量は、Q-V 図で渋滞発生時交通量と渋滞発生後捌け交通量の範囲を把握するとともに、渋滞発生日毎の交通量速度変動図から読み取って算出した。

(1) 顕在化ボトルネックの交通容量の範囲

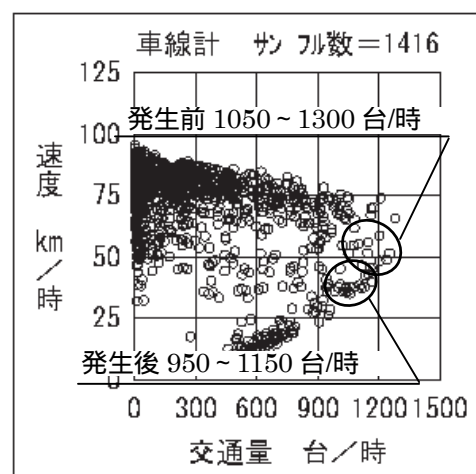
表 6-2-1 に顕在化ボトルネックの交通容量の範囲を示すとともに、図 6-2-1 に観測した車両感知器データの Q-V 図を示す。

表 6-2-1 東海北陸道(上り線)美濃～白鳥間の顕在化ボトルネックの交通容量の範囲

ボトルネック 名称	測点 (K P)	車両感知器の 測点 (K P)	交通容量の範囲
上り線 古城山TN付近	37.0	37.78	渋滞時のサンプルが存在していないため、範囲の把握が困難である。
上り線 荻安TN付近	48.6	48.43 48.92	渋滞発生時交通量 950～1,250台/時 渋滞発生後捌け交通量 850～1,050台/時
上り線 亀尾島TN付近	58.7	59.07	渋滞発生時交通量 1,050～1,300台/時 渋滞発生後捌け交通量 950～1,150台/時
上り線 平山TN付近	69.0	73.22	車両感知器が対象ボトルネックから離れているため、範囲の把握が困難である。



荻安TN付近(顕在)



亀尾島TN付近(顕在)

図 6-2-1 東海北陸道(上り線)美濃～白鳥間の車両感知器データ Q-V 図

(2) 交通量速度変動図による交通容量の算出

交通量速度変動図を用いた交通容量の算出方法、算出手順、算出結果について示す。

1) 算出方法

美濃 IC ~ 白鳥 IC 間は、1IC 区間に 1 箇所ずつループ式車両感知器が設置されている区間であるため、ボトルネックと車両感知器の距離が離れている場合が多い。このため、ループ式車両感知器データの Q-V 図から交通容量を算出することは好ましくない。

したがって、ここでは、車両感知器データを用いて渋滞発生日毎に交通量速度変動図を作成するとともに、道路巡回車の情報から得られる渋滞データを照らし合わせ、日々の渋滞時間帯を分析することにより交通容量を算出する。なお、算出した渋滞発生時交通量は、集計単位 1 時間の渋滞予測モデル等に適用することから、15 分間フローレート値 を用いて算出することとする。

2) 算出手順

算出手順は以下のとおりである。

- (1) 渋滞データをもとに渋滞発生日を抽出し、日毎に交通量速度変動図を作成する。
- (2) ボトルネックの直近上下流に車両感知器がある場合、交通量速度変動図の速度低下状況に応じて渋滞時間を把握する。速度低下が確認できない場合、渋滞データに記録されている渋滞時間内および直前の交通量を集計する。
- (3) 欠測サンプル・交通量過小サンプルなどは集計対象外として、渋滞発生時交通量、渋滞発生後捌け交通量を集計し、その平均値を算出する。

3) 算出結果

表 6-2-2 東海北陸道(上り線)美濃 ~ 白鳥間の顕在化ボトルネックの交通容量算出結果

(単位：台/時)

顕在化 ボトルネック 名称	渋滞発生時交通量 15分間フローレート		渋滞発生後 捌け交通量	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
苅安TN付近	1,094	89	932	54
亀尾島TN付近	1,208	74	1,067	55

注：古城山TN付近と平山TN付近は、渋滞サンプルが少数であったため、個別に交通容量を算出する。

6-2-2 潜在的ボトルネックの交通容量の推定

(1) 確定的推定方法を用いた潜在的ボトルネック交通容量の推定

ここでは、4-1 項での交通容量と道路構造との関係から導き出したボトルネック交通容量の確定的推定方法をもとに、潜在的ボトルネックの道路構造を用い、潜在的ボトルネックの交通容量を推定する。

$$\begin{aligned} \text{渋滞発生時交通量} &= (-84.414) \times [\text{下流側縦断勾配}(\%)] \\ &+ (-106.85) \times [\text{トンネル要因}(0,1)] \\ &+ 1412.3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{渋滞発生後捌け交通量} &= (-76.667) \times [\text{下流側縦断勾配}(\%)] \\ &+ (-161.61) \times [\text{トンネル要因}(0,1)] \\ &+ 1247.5 \end{aligned}$$

表 6-2-3 確定的推定方法によるボトルネック交通容量の推定結果一覧

IC 区間 名	地点 (TN 名)	区分	道路構造		渋滞 要因	渋滞発生時 交通量 (台/時)	渋滞発生後 捌け交通量 (台/時)
			下流側 縦断勾配 (%)	付加車線 延長 (m)			
美濃 ～美並	古城山	顕在化	2.0	1,000	トンネル・サグ	1,137	933
	鶴形山	潜在的	0.9	500	トンネル・サグ	1,229	1,017
	黒 地	潜在的	3.0	500	トンネル・サグ	1,052	856
	苅 安	顕在化	2.6	500	トンネル・サグ	1,086	887
美並 ～郡上八幡	山 田	潜在的	2.9	800	トンネル・サグ	1,061	864
	亀尾島	顕在化	3.0	800	サグ	1,159	1,018
郡上八幡 ～ぎふ大和	神 路	潜在的	1.2	500	トンネル・サグ	1,204	994
ぎふ大和 ～白鳥	平 山	顕在化	1.7	500	トンネル・サグ	1,162	956

(2) 非渋滞流速および密度による潜在的ボトルネック交通容量の推定

ここでは、6-1 項で算出したフローティング走行速度、車両感知器の速度データ等を用い、潜在的ボトルネックの交通容量を算出する。

また、顕在化ボトルネックのうち、データ不足により Q-V 図および交通量速度変動図による交通容量の算出が困難であった上り線古城山 TN 付近と平山 TN 付近についても、同様の考え方により交通容量を算出する。

抽出した潜在的ボトルネックのうち、上り線のボトルネック(黒地 TN 付近、鶴形山 TN 付近、神路 TN 付近) 等について、顕在化ボトルネックと潜在的ボトルネックの渋滞発生時の密度が同一であると仮定し、この密度に速度を乗じて、渋滞発生時交通量を推定する。

なお、下り線については、段階供用時にボトルネックとなる地点が存在しないことから、推定は行わない。

潜在的ボトルネックの交通容量は、フローティング調査および車両感知器から得られた非渋滞流の速度に、顕在化ボトルネックから算出した密度を乗じることにより、交通容量を算出する。

1) 近傍の顕在化ボトルネックの密度

苅安TN付近、亀尾島TN付近における非渋滞時の密度は、次式を用いて算出する。

$$K_c = Q_c / V$$

ここに K_c : 非渋滞時の密度 (台/km)

Q_c : 渋滞発生時交通量 (台/時)

V : 非渋滞流の走行速度 (km/h)

上式より、苅安TN付近、亀尾島TN付近の非渋滞時の密度は以下のとおりである。

苅安TN付近 : $K_c = 1,100(\text{台/時}) \div (70.7\text{km/h}) = 15.6(\text{台/km})$

亀尾島TN付近 : $K_c = 1,179(\text{台/時}) \div (78.5\text{km/h}) = 15.0(\text{台/km})$

2) 推定対象ボトルネックの渋滞発生時交通量

潜在的ボトルネックにおける渋滞発生時交通量は、次式を用いて算出する。

$$Q_i = K_c \times V_i \dots\dots\dots (\text{式} - 1)$$

ここに Q_i : 対象地点の渋滞発生時交通量 (台/時)

K_c : (1)で算出した密度 (台/km)

V_i : 対象地点通過時の非渋滞流速 (km/h)

3) 交通容量の算出結果

上記の結果から、顕在化ボトルネックおよび潜在的ボトルネックの渋滞発生時交通量と渋滞発生後捌け交通量の算出結果を整理する。

表 6-2-4に算出結果を示す。

表 6-2-4 非渋滞流速度および密度による交通容量算出結果一覧

IC 区間 名	地点 (TN名)	区分	渋滞 要因	渋滞発生時 交通量 (台/時)	渋滞発生後 捌け交通量 (台/時)	備考
美濃 ～美並	古城山	顕在化	トンネル・サグ	1,120	970	
	鶴形山	潜在的	トンネル・サグ	1,120	920	1
	黒 地	潜在的	トンネル・サグ	1,180	980	1
	苅 安	顕在化	トンネル・サグ	1,100	950	
美並 ～郡上八幡	山 田	潜在的	トンネル・サグ	-	-	
	亀尾島	顕在化	サグ	1,200	1,060	
郡上八幡 ～ぎふ大和	神 路	潜在的	トンネル・サグ	1,270	1,070	1
ぎふ大和 ～白鳥	平 山	顕在化	トンネル・サグ	1,230	1,110	

注：平均値は、算出結果を10の位で四捨五入している。

1：渋滞発生後捌け交通量の推定値について

Q-V図や交通量速度変動図では、渋滞が発生していない箇所の渋滞発生後捌け交通量を定量的に算出することができない。このため、潜在的ボトルネックの渋滞発生後捌け交通量は、3-3-2項のサグ・トンネルを渋滞要因として含んだ顕在化ボトルネックの交通容量差（渋滞発生時交通量 - 渋滞発生後捌け交通量）の約200台/時を用い、渋滞発生時交通量からこの交通容量差を差し引くことで算出している。

6-2-3 ボトルネック交通容量の検証

6-2-2項の結果と実績値から、渋滞予測モデルに用いる顕在化ボトルネックおよび潜在的ボトルネックの渋滞発生時交通量と渋滞発生後捌け交通量の検証を行う。

- ・ 回帰式によるボトルネック交通容量推定結果（ ）は、渋滞発生時交通量および渋滞発生後捌け交通量とも概ね実測値と一致している。
- ・ 非渋滞流および密度によるボトルネック交通容量推定結果（ ）は、黒地TN付近や平山TN付近の交通量を1～2割程度過大に推定している。

表 6-2-5 渋滞発生時交通量推定値の検証結果

IC 区間名	地点 (TN名)	区分	渋滞発生時交通量(台/時)			実測値との誤差率(%)	
					実測値		
美濃 ～美並	古城山	顕在化	1,137	1,120	1,074	5.8	4.3
	鶴形山	潜在的	1,229	1,120	-	-	-
	黒 地	潜在的	1,052	1,180	1,158	9.1	1.9
	苅 安	顕在化	1,086	1,100	1,094	0.7	0.5
美並 ～郡上八幡	山 田	潜在的	1,061	-	-	-	-
	亀尾島	顕在化	1,159	1,180	1,208	4.1	2.3
郡上八幡～ぎふ大和	神 路	潜在的	1,204	1,270	-	-	-
ぎふ大和～白鳥	平 山	顕在化	1,162	1,230	1,110	4.7	10.8

：確定的推定方法による潜在的ボトルネック交通容量推定結果

：非渋滞流および密度による潜在的ボトルネック交通容量推定結果

表 6-2-6 渋滞発生後捌け交通量推定値の検証結果

IC 区間名	地点 (TN名)	区分	渋滞発生後捌け交通量(台/時)			実測値との誤差率	
					実測値		
美濃 ～美並	古城山	顕在化	933	970	955	2.3	1.6
	鶴形山	潜在的	1,017	920	-	-	-
	黒 地	潜在的	856	980	869	1.5	12.8
	苅 安	顕在化	887	950	932	4.8	1.9
美並 ～郡上八幡	山 田	潜在的	864	-	920	6.1	-
	亀尾島	顕在化	1,018	1,060	1,067	4.6	0.7
郡上八幡～ぎふ大和	神 路	潜在的	994	1,070	-	-	-
ぎふ大和～白鳥	平 山	顕在化	956	1,110	839	13.9	32.3

：確定的推定方法による潜在的ボトルネック交通容量推定結果

：非渋滞流および密度による潜在的ボトルネック交通容量推定結果

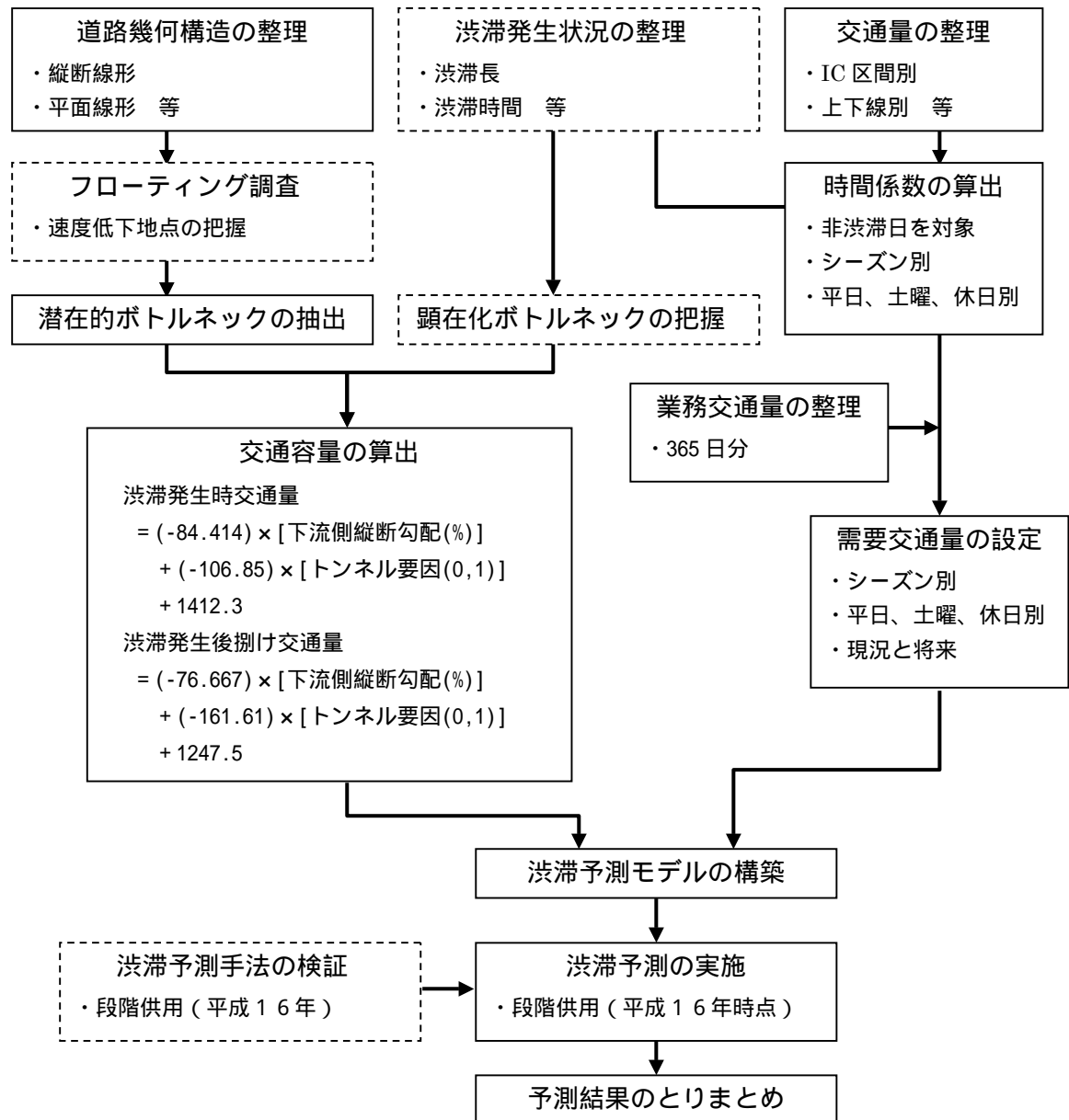
6-3 段階供用における渋滞予測手法とその検証

6-3-1 渋滞予測モデルの概要

今回適用した渋滞予測モデルについて、予測の手順、演算概念、評価指標、諸条件など、概要を示す。

(1) 渋滞予測の手順

図 6-3-1 に、渋滞予測の作業手順フローを示す。



: [] は、供用済暫定 2 車線区間を対象とした場合

図 6-3-1 渋滞予測の作業手順

(2) 渋滞予測モデルの演算概念と評価指標

渋滞予測モデルの演算概念と評価指標について示す。

1) 渋滞予測モデルの演算概念

本渋滞予測モデルにおいては、インプットアウトプット法を適用する。

インプットアウトプット法（以下、「I/O 法」という）は、本来、都市内高速道路の交通管制システムの高度化研究の過程において開発されてきた手法である。その内容は、車両感知器からリアルタイムで収集される交通状況のデータ（交通量、速度、密度）をもとに、大型計算機等によりシミュレーション演算を行い、30 分～1 時間先までの交通状況を予測するものである。

しかし、ここで取扱う I/O 法は設定すべき与条件、パラメータ等を極力減らし、パーソナルコンピュータで 1 年間という長期間の渋滞状況を予測するものである。よって、概念的には広義の I/O 法に属するが、厳密には Point Queue 法と称せられる手法に類似すると考えられる。

図 6-3-2 に、予測モデルの演算概念図を示す。

(1) 時間帯別需要交通量の算出

着目した期日の日交通量に時間変動パターン（時間係数）乗じて時間帯別需要交通量を算出する。

(2) 渋滞判定

時間帯別需要交通量が渋滞発生時交通量（区間やケースによって異なる）を超えているか否かを判定する。

超えていなければ、渋滞なしと判定する。超えていれば、最初に超えた時刻を渋滞開始時刻と考え、次の時間帯から渋滞発生後捌け交通量と需要交通量を比較する。

(3) 渋滞の生成

渋滞発生後捌け交通量を超過した需要交通量はボトルネック部を先頭に滞留するものと考え、逐次累加する。また、需要交通量が渋滞発生後捌け交通量を下廻ったときは、その差分を滞留台数から差し引く。

この演算により、滞留台数がゼロとなった時刻を渋滞解消時刻と考える。なお、滞留台数を渋滞長換算密度で除した値を渋滞長と考える。

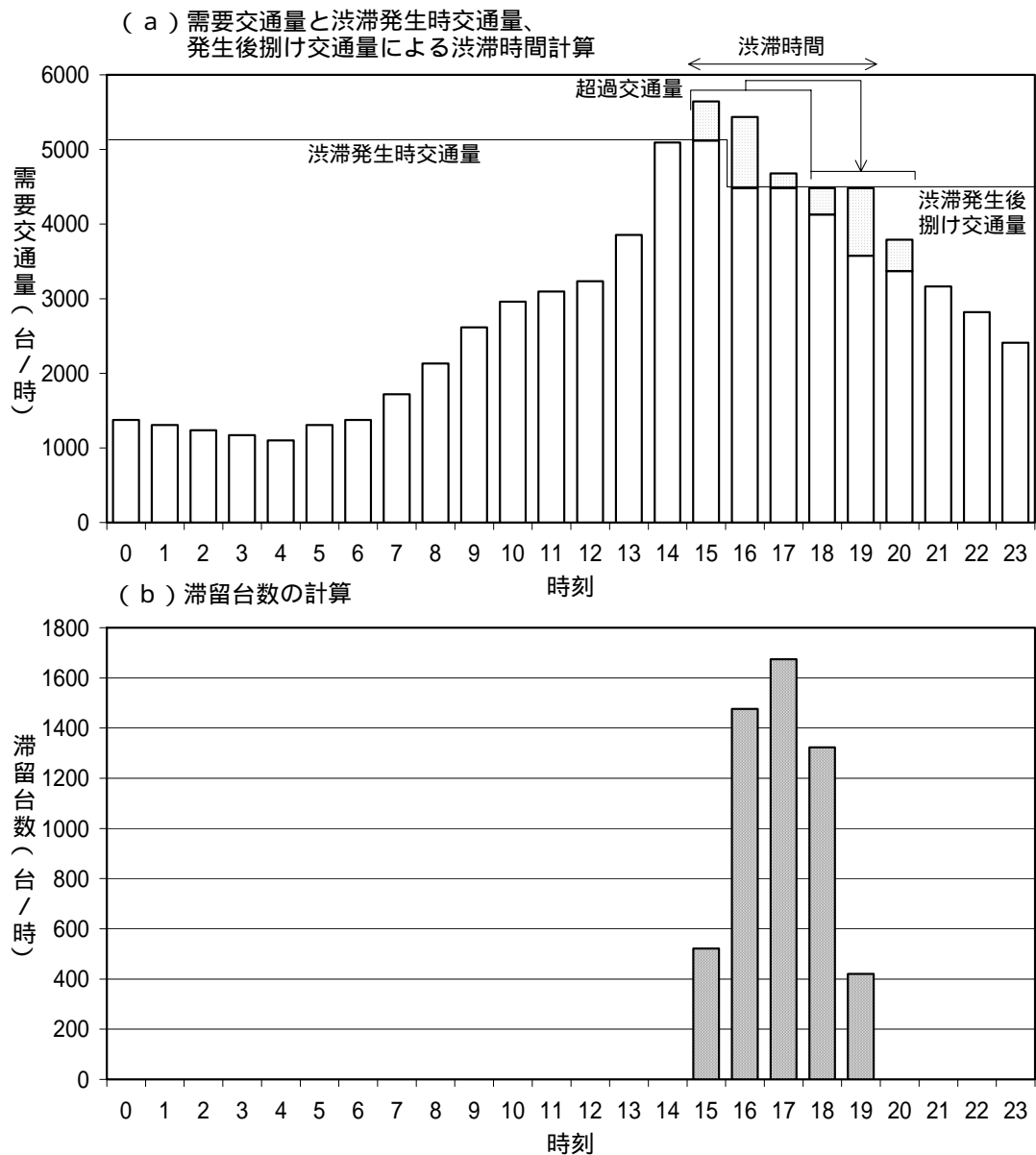


図 6-3-2 渋滞予測モデルの演算概念図

2) 評価指標

本渋滞予測モデルの評価指標は、以下のとおりである。

- 渋滞日数 (日/年)
- 渋滞回数 (回/年)
- 渋滞時間 (時間/年)
- 平均渋滞時間 (時間/回)
- 平均渋滞長 (km/時間)
- 平均最大渋滞長 (km/回)
- 渋滞量 (km・時/年)

(3) 渋滞予測モデルの概要

1) 路線・区間の設定

(1) 路線設定

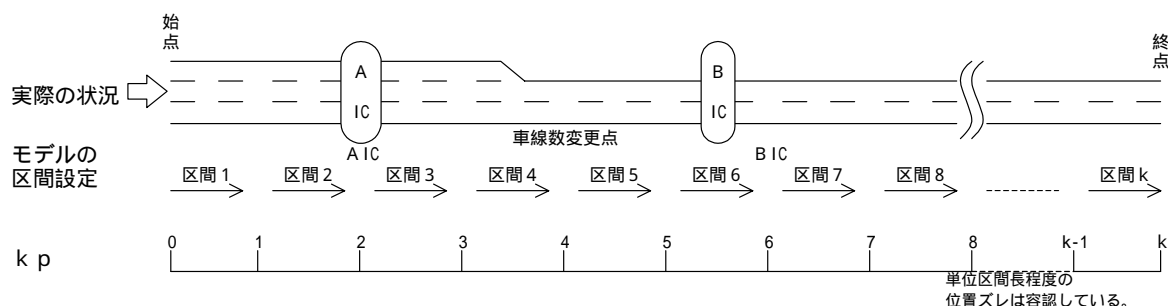
渋滞予測の対象となる路線とその始点・終点を決める。本予測モデルでは、交通の流れに沿って計算を行なうため、上下線別に路線を設定する。

(2) 区間設定

図 6-3-3 に、区間設定の概念を示す。

1つの区間の長さは任意に設定できるものの、少なくとも「交通量変化点」「車線数変化点」で区切る必要がある。

通常、パラメータ変更に柔軟性を持たせるため、1km あるいは 0.5km ピッチで区間切りを行っている。



2) 各区間ごとに設定しているパラメータ

(1) 車線数

当該区間の車線数を設定する。付加車線の設置等により車線数が増えた場合にはそれを考慮した車線数を設定する。なお、車線数は渋滞長の算出時に用いる。

(2) 区間長

1)の(2)で設定した区間長を設定する。1)の記述どおり区間長は、1km あるいは 0.5km としている。ただし、始点側の端末は、計算上渋滞を滞留させるスペースが必要なため、適宜ダミースペースを設定している。なお、区間長は渋滞長の算出時に用いる。

(3) 交通容量（渋滞発生時交通量・渋滞発生後捌け交通量）

本予測モデルでは、渋滞発生時交通量と渋滞発生後捌け交通量の2種類の交通容量を用いている。これは、HCM 委員会での検討の結果、渋滞発生後の捌け交通量は、渋滞発生時または渋滞発生前の交通量より低下するという現象が把握されたことを受けたものである。

HCM 委員会資料では、渋滞発生時交通量について「5 分間平均速度が 40km/h 以下に低下した最初の 5 分間を除いたその直前 15 分間のフローレート」と定義されている。しかし本渋滞予測モデルは、1 時間単位で予測する仕様となっていることから、渋滞発生時交通量は、交通量速度変動図から算出した直前 30 分間フローレートを 2 倍したものをを用いている。この値は、直前 15 分間フローレート値に比べ同じか若干低い値となっている。

また HCM 委員会資料では、渋滞発生後捌け交通量について「渋滞が発生した後、解消（速度上昇）するまでの全時間の平均フローレート」と定義されており、本予測モデルでは渋滞流時の平均交通量前後の値を渋滞発生後捌け交通量としている。

なお、渋滞が発生する地点は、その付近で最も交通容量が低い地点であり、ボトルネックの先頭は多少の流動性はあるものの一定の地点に固定される。

したがって、本渋滞予測モデルにおいて交通容量を設定する地点は、渋滞が発生するまたは発生しそうな地点に限定し、その他の地点は交通容量の設定を行わない。

なお、交通容量は渋滞判定・滞留台数の算出に用いる。

(4)基本年次の日交通量（365 日分・片側）

本予測モデルは、対象年次の 1 年間 365 日の渋滞状況を予測するものであるため、対象年次の日交通量を求める必要がある。本予測モデルでは、これを基本年次の日交通量実績値から求めている（算出方法は(4)参照）。

なお、日交通量は上下線別の片側交通量である。また、原則として同一 IC 区間では交通量は変わらない。

(5)需要時間係数（平土休別）

時間係数とは、日交通量に対する各時間帯の交通量の比率であり、交通量の時間変動パターンを示すものである。また“需要”時間係数とは仮に対象路線の渋滞が全くなかった場合にそれぞれの区間で現れる交通量の時間変動パターンである。本予測モデルでは対象路線全線で渋滞がなかった日の平均時間交通量を平土休別に求め、需要時間係数を算出している。

(6)基本年次から対象年次への交通量伸び率

交通量の伸び率は、基本年次の平均日交通量（実績）と対象年次の推計交通量との比率とする。通常、推計交通量は断面（上下計）で算出されるため、断面ベースの交通量伸び率を適用する。

3) 渋滞長換算密度

渋滞長換算密度とは、滞留台数から渋滞を算出するときに用いる密度である。通常、30～50 台/km・車線を適用している。

4) 演算過程

上流側の渋滞を考慮しない場合の演算過程を説明する。

(1) 対象年次の暦日交通量

$$DQy(d) = DQo(d) \times \frac{ADTy}{ADTo} \quad (\text{ただし } 1 \leq d \leq 365)$$

ここに

d : 年間 d 日目 (例) 1月10日 $d = 10$ 、2月1日 $d = 32$

y : 対象年次の年数

$DQy(d)$: 対象年次の暦日交通量 (台/日)

$DQo(d)$: 基本年次の暦日交通量 (台/日)

$ADTy$: 対象年次の推計年平均日交通量 (台/日)

$ADTo$: 基本年次の年平均日交通量 (台/日)

(2) 対象年次の需要時間交通量

$$HQy(d, h) = DQy(d) \times P(HDK(d), h)$$

ここに

h : 時間帯 (0時～23時)

$HDK(d)$: 平日, 土曜, 休日の別 (1～3の値をとる)

$P(HDK(d), h)$: 需要時間係数 (平土休別、時間帯別に設定)

$HQy(d, h)$: 対象年次 d 日目 h 時の需要時間交通量 (台/時)

(3) 渋滞判定・滞留台数・捌け交通量

1) 前時間帯が渋滞していない場合

	渋滞判定	滞留台数(台)	捌け交通量(台/時)
・ $Qc_1 \geq HQy(d, h)$	渋滞なし	0	$HQy(d, h)$
・ $Qc_1 < HQy(d, h)$	渋滞発生	$HQy(d, h) - Qc_1$	Qc_1

ここに

Qc_1 : 渋滞発生時交通量 (台/時)

2) 前時間帯が渋滞している場合

	渋滞判定	滞留台数(台)	捌け交通量(台/時)
・ $Qc_2 \geq HQy(d, h) + Qs(d, h-1)$	渋滞終了	0	$HQy(d, h) + Qs(d, h-1)$
・ $Qc_2 < HQy(d, h) + Qs(d, h-1)$	渋滞継続	$HQy(d, h) + Qs(d, h-1) - Qc_2$	Qc_2

ここに

Qc_2 : 渋滞発生後捌け交通量 (台/時)

$Qs(d, h-1)$: 前時間帯までの累積滞留台数 (台)

(4)渋滞長の算出

対象区間から上流側に向かって可能滞留台数を累加し、その可能滞留台数が $Q_s(d, h)$ を上回る区間までの累加距離を渋滞長とする。ただし、滞留台数が可能滞留台数に満たない場合は、区間長 \times (滞留台数/可能滞留台数)で算出する。

$$\text{各区間の可能滞留台数} = L(k) \times \text{LANE}(k) \times K_c$$

ここに

k : 対象区間の区間番号, k 区間目

$L(k)$: 対象区間の区間長(km)

$\text{LANE}(k)$: 対象区間の車線数

K_c : 渋滞長換算密度 30 ~ 50 台/km・車線

(5)評価指標の整理

(2) ~ (4)の計算を行ったあと、各区間ごとに、2)で記載されている7つの指標についてデータを整理する。

以下にこれらの評価指標の算出方法を示す。

1)渋滞日数(日/年); N

着目した期間中に渋滞発生が予測される日数

(1日のうち1時間でも渋滞したとすれば渋滞日とする)

2)渋滞回数(回/年); n

着目した期間中に渋滞発生が予測される回数

(1日のうち、午前と午後別々に発生する渋滞は2回として計上する)

3)渋滞時間(時間/年)

年間渋滞時間の総和; T_i

4)平均渋滞時間(時間/回)

年間渋滞時間の総和を渋滞回数で除した値

$$\text{平均渋滞時間} = \frac{T_i}{n}$$

5)平均渋滞長(km/時間)

各時間ごとの渋滞長の総和を渋滞時間で除した値

$$\text{平均渋滞長} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i L_{ij}}{\sum_{i=1}^n T_i}$$

6)平均最大渋滞長(km/回)

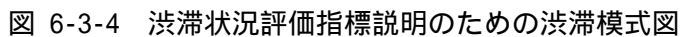
最大渋滞長の総和を渋滞回数で除した値

$$\text{平均最大渋滞長} = \frac{\sum_{i=1}^n L_{i\max}}{n}$$

各時刻の渋滞長と渋滞時間を乗じた値の総和
(渋滞図の面積に等しい)

注) 渋滞予測モデルで1時間ごとに計算する場合

$$L_{ij} \times T_{ij} = L_{ij} \times 1 \text{ となる。}$$



5) 上流の渋滞による影響を下流側の交通量に反映させる仕組み

4) では、上流側に渋滞がない場合の演算過程を示したが、同一路線に複数のボトルネックが存在する場合、上流の渋滞による影響を下流側の交通量に反映させる必要がある。ここではその仕組みについて説明する。

(1) 需要時間交通量を差分交通量に変換

まず、4) の(2)で算出した需要時間交通量を各隣接区間の差分交通量に変換する。予測モデルでは、1 区間目の需要時間交通量と 2 区間目以降の差分交通量を使用する。

1) 各区間の需要時間交通量を計算

2) 上下流の需要時間交通量の差を計算

3) 最上流 IC 区間の需要時間交通量に需要時間交通量差を加算し、下流側 IC 区間の需要時間交通量を算出する。

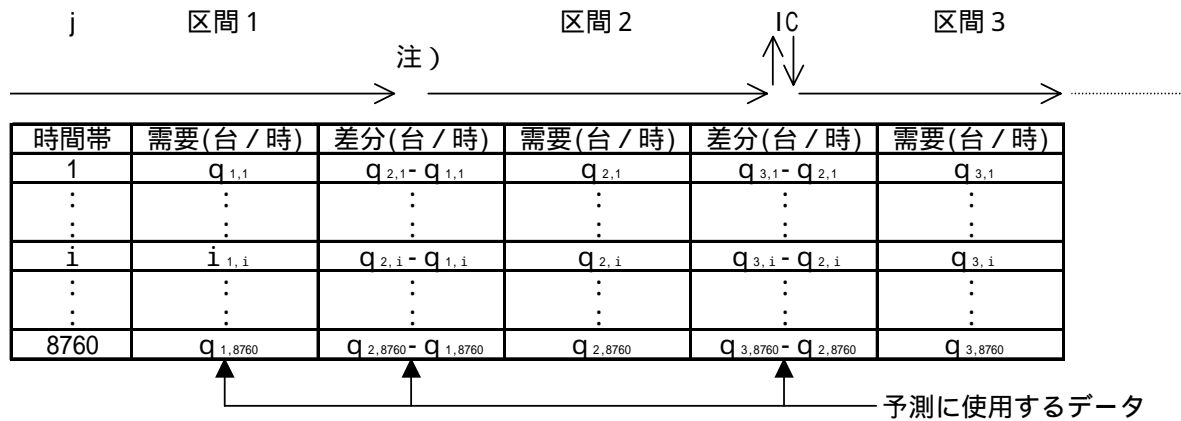


図 6-3-5 需要時間交通量の差分交通量の算出

(2) 差分交通量を用いる効用

1) 上流に渋滞がない場合

区間別の元の需要時間交通量が算出される。

2) 上流に渋滞がある場合

渋滞による滞留台数が需要時間交通量から差し引かれ、上流の渋滞を考慮したこととなる。

6) 本予測モデル使用上の留意点

(1) 同一IC区間の複数のボトルネック

図 6-3-6に、同一IC区間に複数のボトルネックが存在する場合のタイプを示す。

図中タイプAのように上流側が小、下流側が大となっている場合は、下流側の交通容量を上流側より低くしておけば再現できるが、タイプBのように上流側が大きい場合は下流側の渋滞を再現することができない。

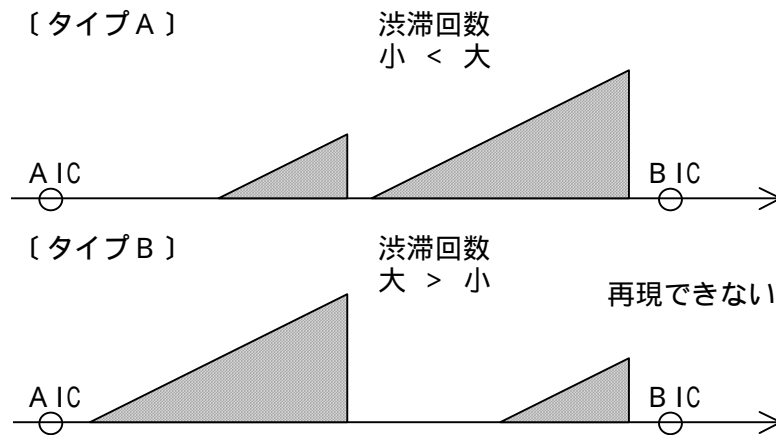


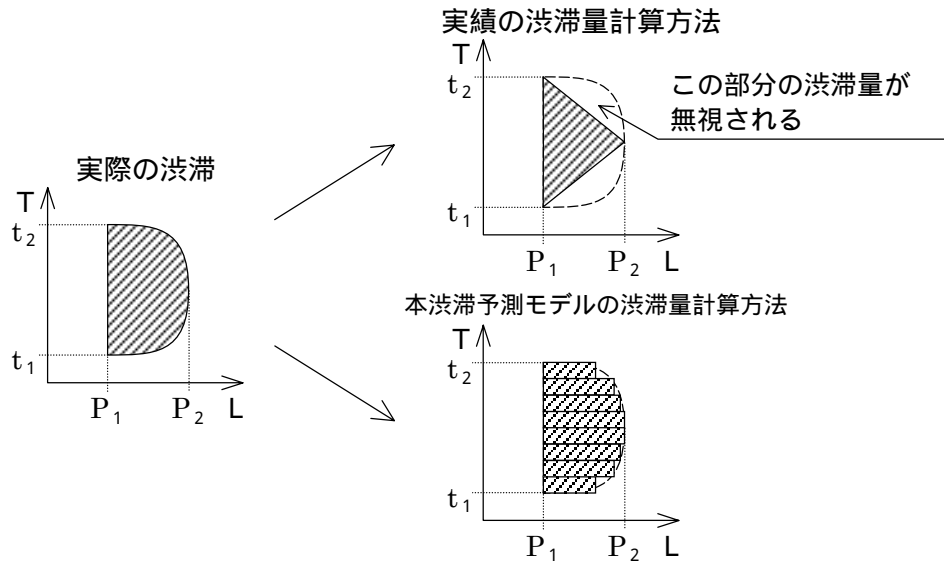
図 6-3-6 同一 IC 区間の複数のボトルネック

(2) 出口渋滞

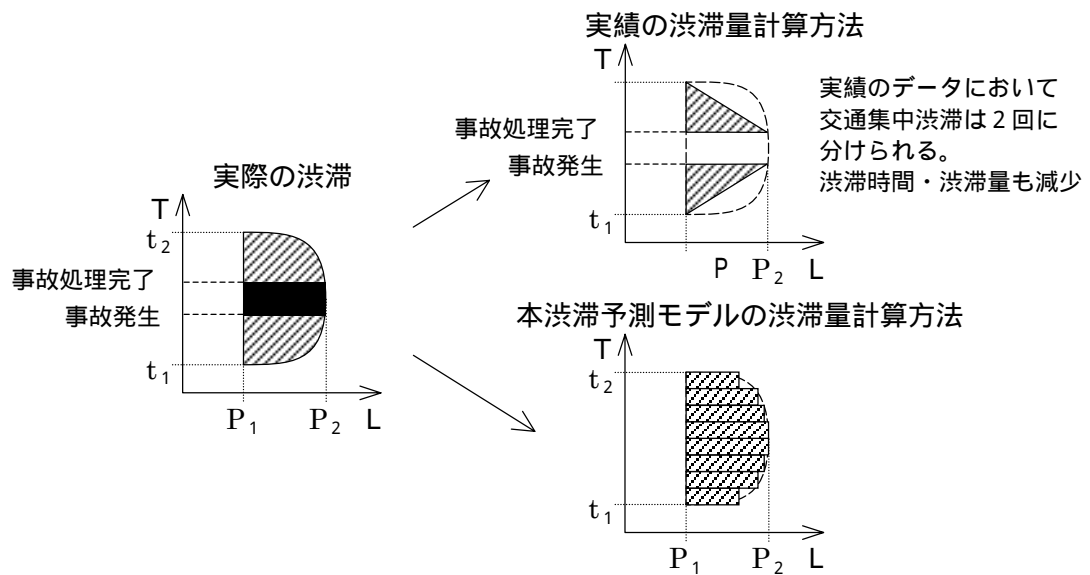
本予測モデルは本線単路部を対象としており、出口渋滞は対象としていない。出口渋滞は上り線からの交通量と下り線からの交通量の2つを考慮しなければならないことから交通量の確定が困難であること、また、多くの出口渋滞がIC料金所の運用、接続交差点の信号処理、接続道路の渋滞等が原因となっており、交通容量を一意の値に固定できないため渋滞予測が困難となっている。

(3) 渋滞予測の精度について

現況再現精度検証において実績渋滞量より予測渋滞量が過大傾向になる場合があるが、下記のように集計方法が異なっているので、ある程度の乖離は容認している。



また、実績のデータでは渋滞中に事故が発生することによって、交通集中渋滞回数は多くなり、渋滞時間・渋滞量は少なくなっている。



従って、渋滞量を用いる場合には、実績との比較はなるべく避け、予測結果相互の差分あるいは比を用いることが望ましい。

6-3-2 入力パラメータ

渋滞予測モデルの入力パラメータは以下のとおりである。

渋滞予測モデルのパラメータ

- ・日交通量 ・時間係数（平土休別）
- ・交通容量 ・車線数 ・渋滞長換算密度

（１）日交通量

日交通量は、平成15年の365通りの日交通量を用いた。

（２）時間係数

時間係数は、スキーシーズン（12～3月）とスキーシーズン以外（4～11月）で、それぞれ平土休別の需要時間係数を設定した。また、8月14日～17日は、お盆時期として別途需要時間係数を設定した。

（３）交通容量

交通容量は、渋滞発生時交通量と渋滞発生後捌け交通量の2種類とし、基本的に6-3-2項の回帰式による交通容量検討結果を用いた。また、渋滞予測に用いるにあたっては、50台/時単位で丸めた値を使用した。

表 6-3-1に交通容量の推定結果および交通容量設定値を示す。

なお、付加車線設置後の交通容量（渋滞発生時交通量・渋滞発生後捌け交通量）は1車線時の2倍とした。

表 6-3-1 渋滞予測モデルに用いる交通容量適用値

IC 区間名	地点 (TN名)	区分	渋滞発生時交通量 (台/時)		渋滞発生後捌け交通量 (台/時)	
			回帰式	適用値	回帰式	適用値
美濃 ～美並	古城山	顕在化	1,137	1,100	933	900
	鶴形山	潜在的	1,229	1,150	1,017	850
	黒 地	潜在的	1,052		856	
	苅 安	顕在化	1,086	1,050	887	900
美並～ 郡上八幡	亀尾島	顕在化	1,159	1,150	1,018	1,050

(4) 車線数

車線数は基本的に片側 1 車線であるが、付加車線（追越車線・譲り車線）が設置されている区間および片側 2 車線化されている区間は、2 車線として設定した。

表 6-3-2に、段階ごとに設定した片側 2 車線区間を示す。

表 6-3-2 渋滞予測モデルにて設定した片側 2 車線区間

上下	現況	第一段階	第二段階	第三段階
		8月初旬～10月中旬	10月中旬～12月初旬	12月初旬以降
上り線	38.0KP～39.0KP	38.0KP～39.0KP	32.0KP～39.0KP	32.0KP～51.5KP
	51.0KP～51.5KP	46.5KP～49.0KP	46.5KP～51.5KP	
	60.5KP～61.5KP	51.0KP～51.5KP	60.5KP～61.5KP	60.5KP～61.5KP 71.0KP～72.5KP 75.0KP～76.5KP
	71.0KP～72.5KP	60.5KP～61.5KP	71.0KP～72.5KP	
	75.0KP～76.5KP	71.0KP～72.5KP	75.0KP～76.5KP	
		75.0KP～76.5KP		

注) 渋滞予測モデルの単位区間長が0.5kmのため、0.5km単位で丸めている。

(5) 渋滞長換算密度

渋滞長換算密度は、一律42台/km・1車線とする。

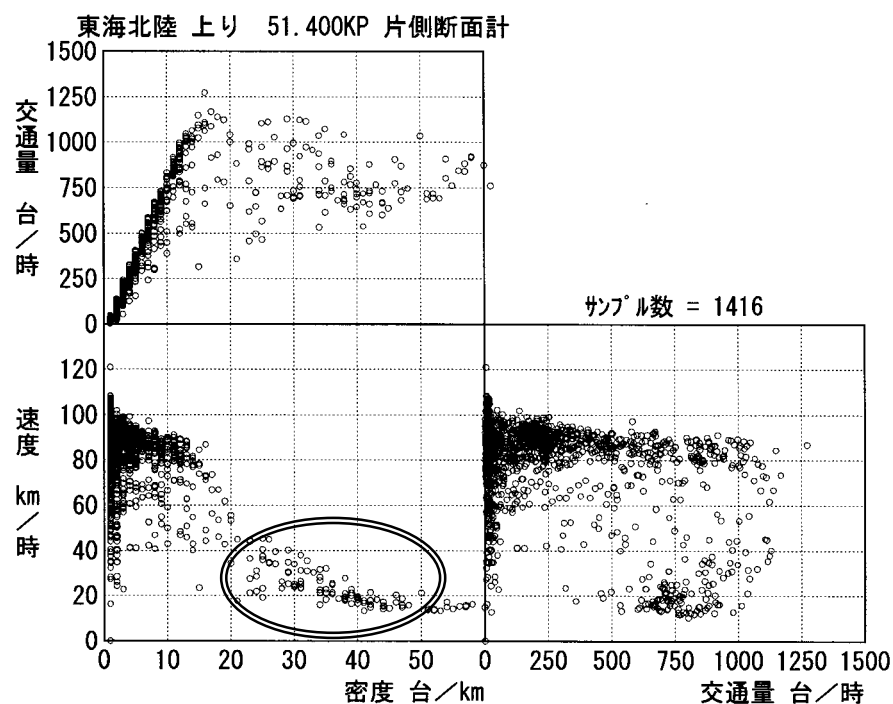


図 6-3-7 美並 IC～郡上八幡 IC の渋滞流密度

6-3-3 交通需要パターンの設定

交通需要パターンは、渋滞が発生していない月日の需要時間変動を用いて設定した。

(1) 算出方法

図 6-3-8 に、需要交通量と実績交通量の時間係数について、一般的な比較図例を示す。

図に示すように、車両感知器で観測される実績交通量は、渋滞が発生した場合、ボトルネックの交通容量に制約を受けるため、本来の需要交通量を下回る値となり、ピーク時における時間交通量も、需要パターンに対して小さな値となる。したがって、実績の時間変動を用いて渋滞予測を行うと予測結果が過小となる。

よって、本来の需要交通量に近い時間変動を用いて渋滞予測を行うために、まず、平成 15 年 1 年間を対象として、渋滞統計データから渋滞が発生していない月日を抽出する。次に、該当する月日の車両感知器データに基づいて、IC 区間別上下別平・土・休別に需要時間係数を算出することとする。

渋滞予測モデルでは、このように算出した時間係数を用いて交通需要パターンを設定する。

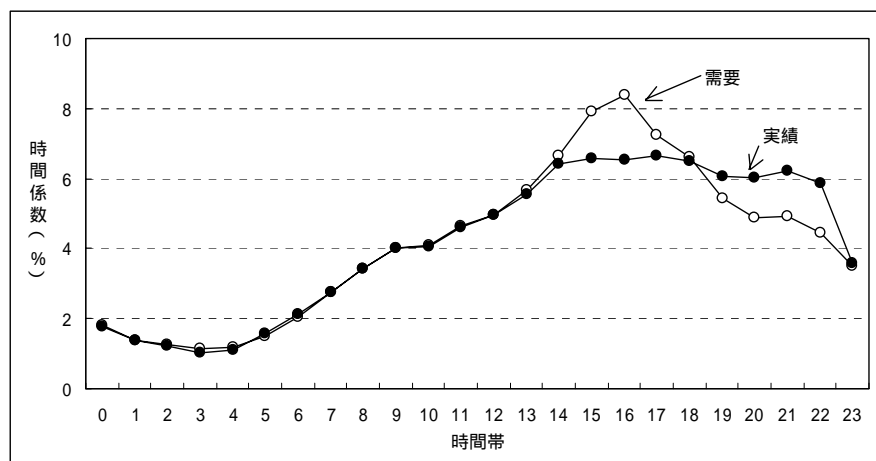


図 6-3-8 渋滞が多い区間の需要・実績時間係数比較図例

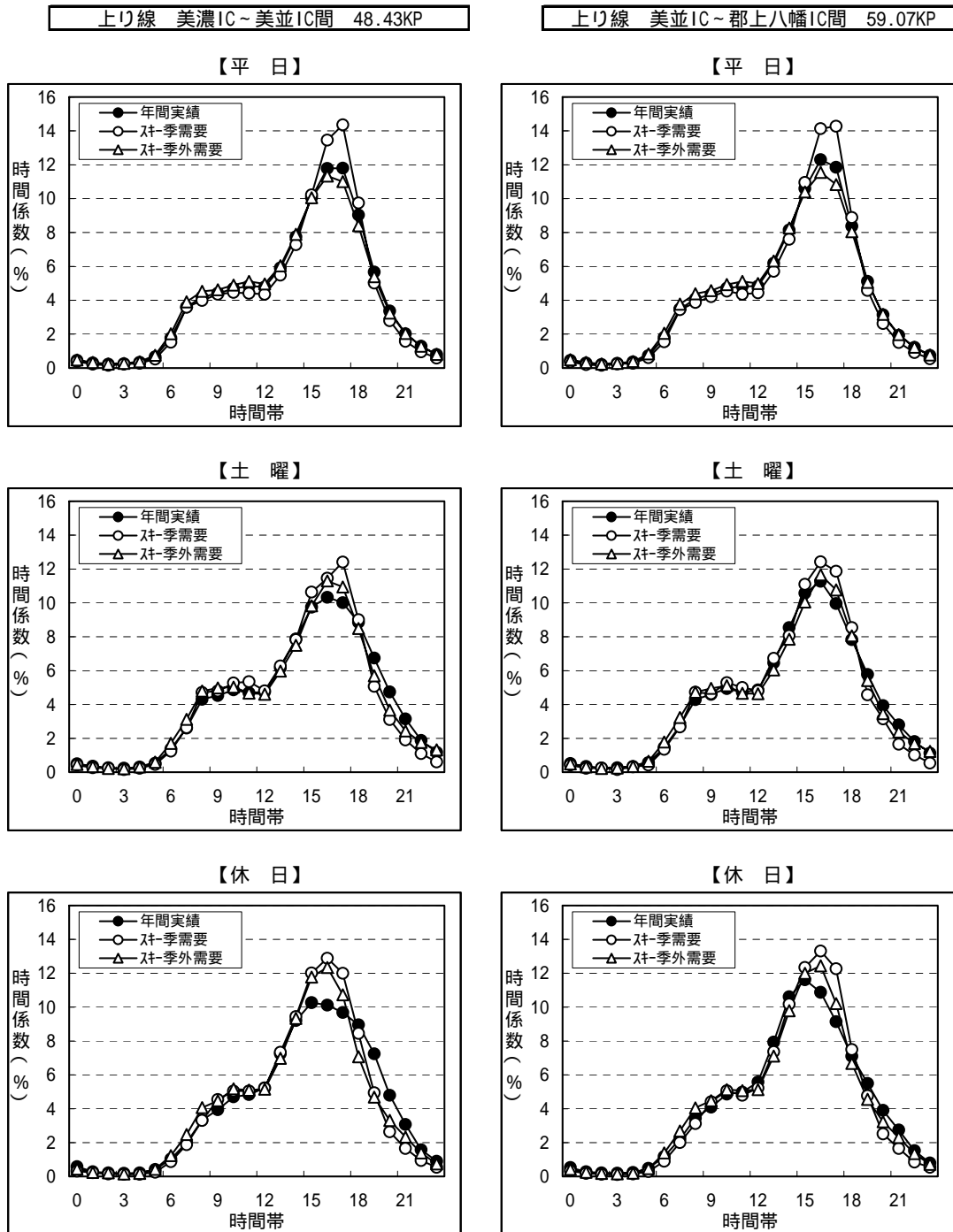
(2) 設定対象年月日

本業務の検討対象区間は、美濃 IC～白鳥 IC 間であるが、上下流で渋滞が発生すると当該区間の交通量変動パターンが変化する恐れがある。

したがって、東海北陸道全線（一宮 JCT～飛騨清見 IC 間）で渋滞が発生していない月日（非渋滞日）を抽出し、非渋滞日の平土休別平均時間交通量から需要パターンを算出する。なお、東海北陸道沿線にはスキー場が多く存在していることから、スキーシーズンにおける時間変動は、スキー場の営業終了時間に連動する等の特徴を持っている。このため、時間変動パターンは、12 月～3 月をスキーシーズン、4 月～11 月をスキーシーズン以外に区分した上で、それぞれ平土休別の時間係数を算出して設定することとする。

(3) 交通需要パターン算出結果

図 6-3-9 に、渋滞日を含む年平均実績交通量の時間変動と非渋滞日の時間変動を平日土曜休日お盆毎に示す。



注) 年間実績：平成15年1年間の車両感知器データ平均値

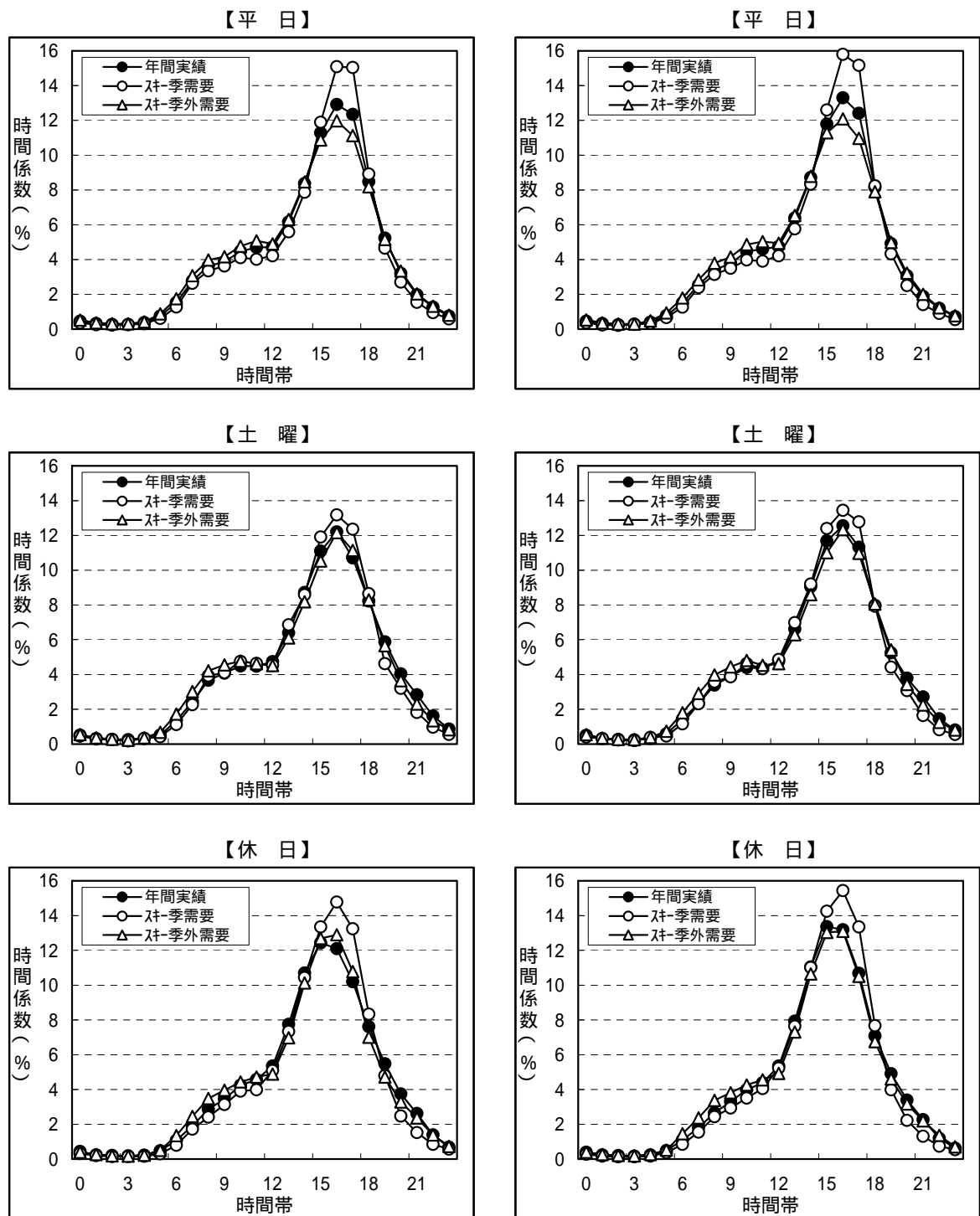
ｽｷｰ季需要：1～3月，12月の非渋滞日の平均値（平日59日間，土曜3日間，休日4日間）

ｽｷｰ季外需要：4～11月の非渋滞日の平均値（平日140日間，土曜24日間，休日14日間）

図 6-3-9(1) 東海北陸道(上り線)美濃～白鳥間平土休別時間変動

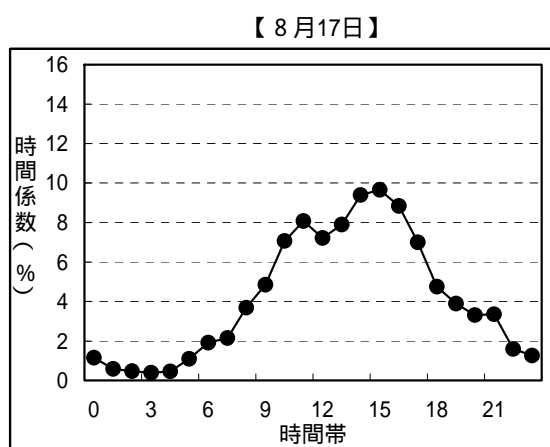
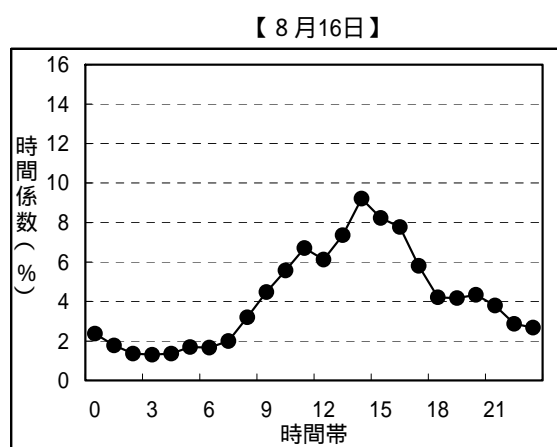
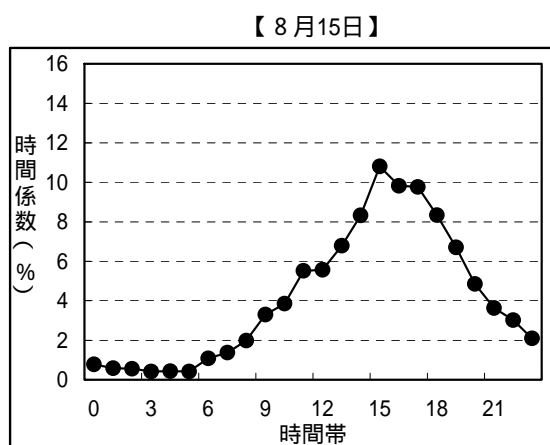
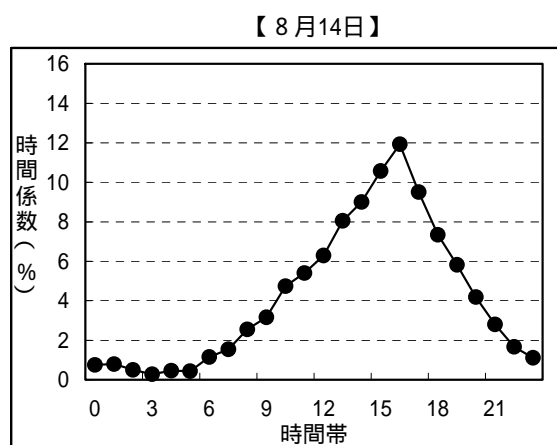
上り線 郡上八幡IC～ぎふ大和IC間 63.28KP

上り線 ぎふ大和IC～白鳥IC間 73.22KP



注) 年間実績：平成15年1年間の車両感知器データ平均値
 スキー季需要：1～3月，12月の非渋滞日の平均値（平日59日間，土曜3日間，休日4日間）
 スキー季外需要：4～11月の非渋滞日の平均値（平日140日間，土曜24日間，休日14日間）

図 6-3-9(2) 東海北陸道(上り線)美濃～白鳥間平土休別時間変動



8月14,15,17日は当日の郡上八幡IC～ぎふ大和IC間
 8月16日は当日の美並IC～郡上八幡ICの時間係数を適用

図 6-3-9(3) 東海北陸道(上り線)美濃～白鳥間平土休別時間変動

6-3-4 渋滞予測モデルの適用箇所

渋滞予測モデルの適用箇所として、東海北陸道的美濃 IC～郡上八幡 IC 間の第 1 段階供用前後を対象に、渋滞位置、渋滞状況を予測するものとする。

当該区間における 4 車線化は、苅安 TN 付近で多発している上り線の渋滞を解消させるため、下記に示すように美並 IC 下流側の約 2.5km 区間を先行して施行されている。

(1)第 1 段階：平成16年8月5日～9月23日

大矢北TN～美並IC間の上り線が片側 2 車線化

(2)第 2 段階：上り線；平成16年9月24日～11月11日 下り線；平成16年10月8日～12月3日

美濃IC～古城山PA間の上下線と大矢北TN～瓢ヶ岳PA間の上下線が片側 2 車線化

(3)第 3 段階：上り線；平成16年11月12日～ 下り線；平成16年12月4日～

美濃IC～瓢ヶ岳PA間の上下線が 4 車線化

図 6-3-10に段階供用の概要図を示す。

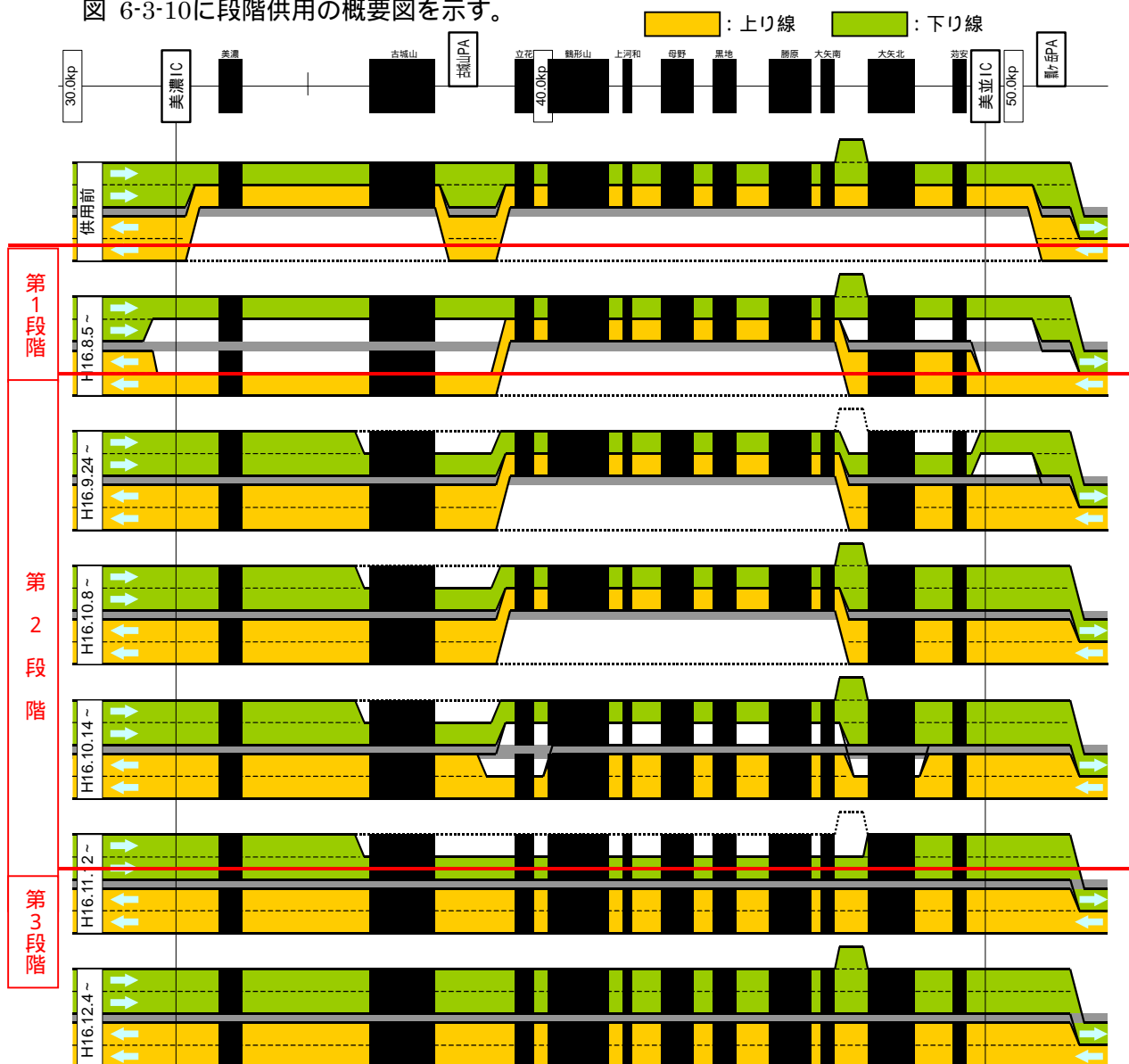


図 6-3-10 東海北陸道(上下線)美濃～郡上八幡間の 4 車線化段階供用概要図

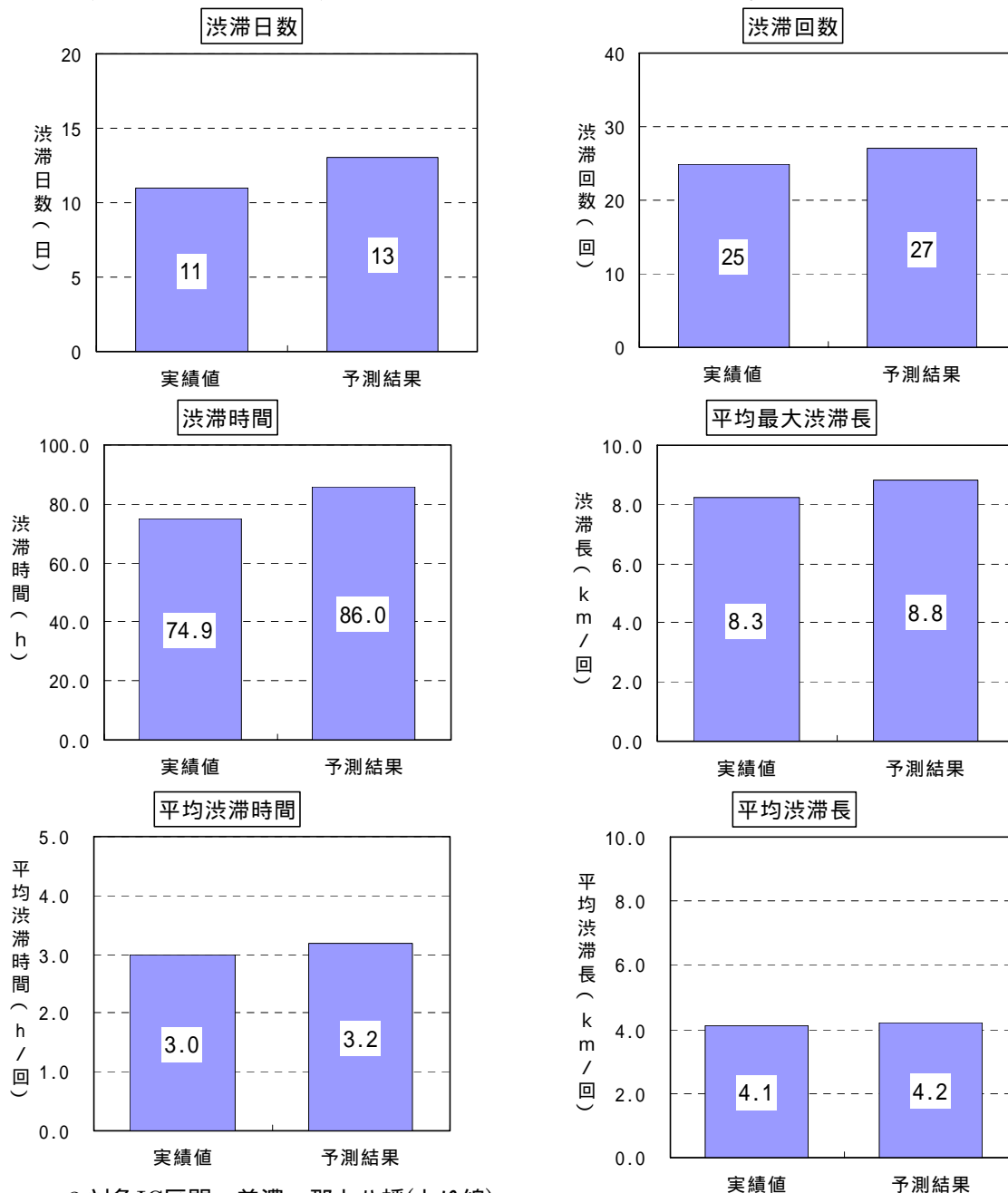
6-3-5 渋滞予測結果と予測手法の検証

美濃 IC～美並 IC 間の第 1 段階供用後を対象に、渋滞位置、交通容量、渋滞状況について、実績と予測結果を整理し、前節で示した渋滞予測手法の検証を行う。

図 6-3-11 に、第 1 段階供用後における実績の渋滞状況と予測結果を示す。

(1) 渋滞日数・回数・時間・渋滞長

- ・渋滞予測結果をみると、渋滞回数・渋滞日数ともに、実績と概ね一致している。
- ・渋滞時間、平均最大渋滞長も、実績と比較すると概ね一致している。



- 2.対象IC区間：美濃～郡上八幡(上り線)，
対象期間：平成16年 8 月 5 日～平成16年 9 月23日(50日間)
- 3.実績の渋滞状況は車両感知器データによる推計値を採用

図 6-3-11(1) 第 1 段階供用後における渋滞状況実績と予測結果(1)

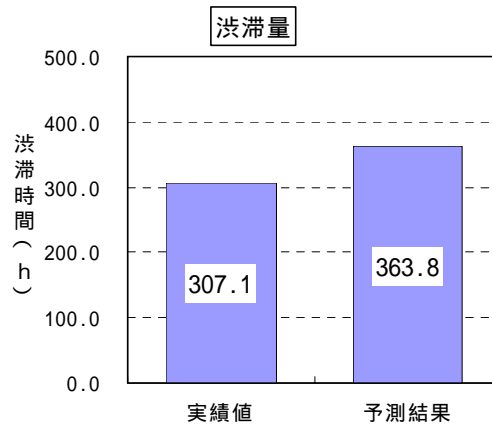
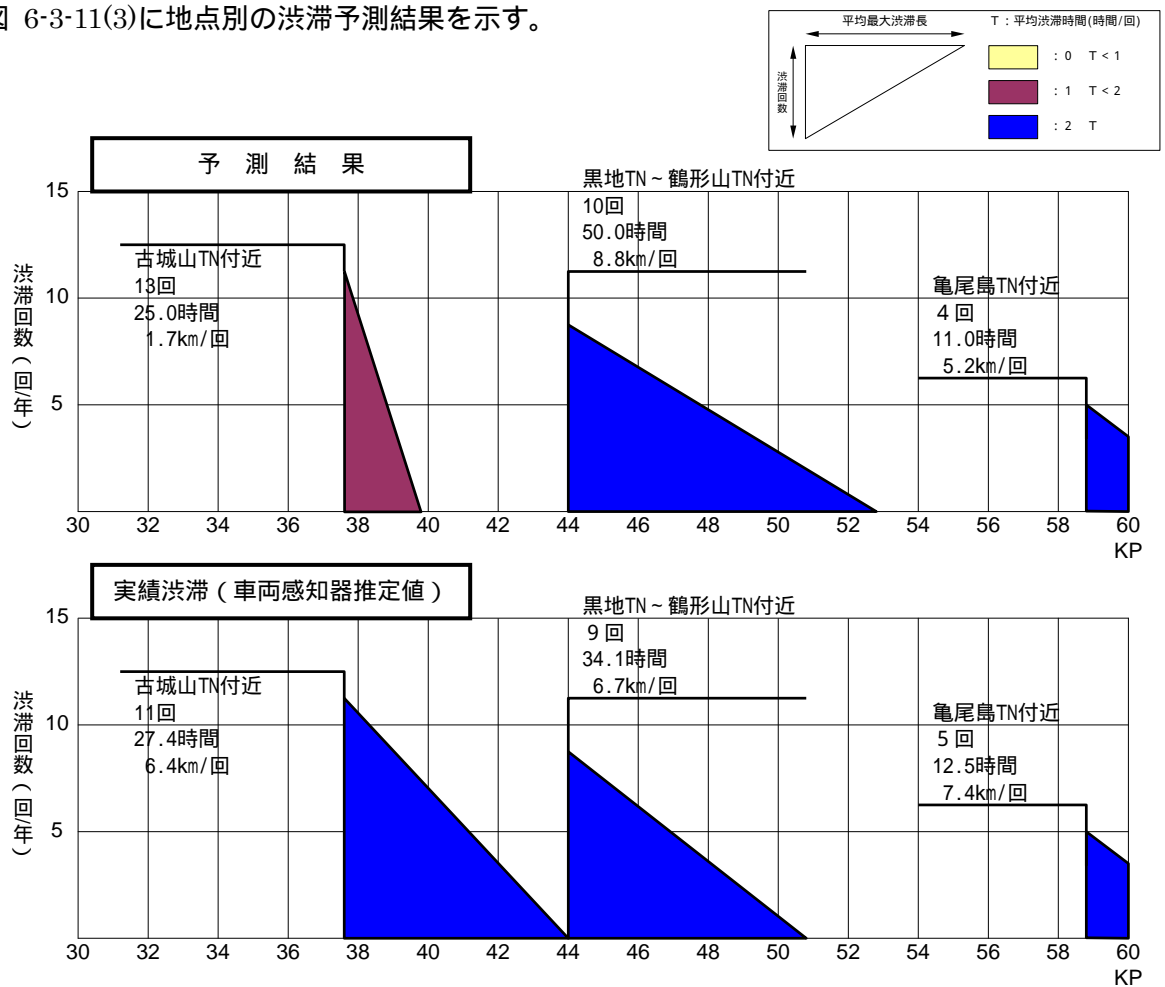


図 6-3-11(2) 第1段階供用後における渋滞状況実績と予測結果(2)

(2) 発生地点別

- ・発生地点別では、渋滞回数、渋滞発生時間とも概ね一致している。
- ・古城山TN付近は、平均最大渋滞長は実績渋滞に比べ、やや低く示している。

図 6-3-11(3)に地点別の渋滞予測結果を示す。



- 2.対象IC区間：美濃～郡上八幡(上り線)，
対象期間：平成16年8月5日～平成16年9月23日(50日間)
- 3.実績の渋滞状況は車両感知器データによる推計値を採用

図 6-3-11(3) 第1段階供用後における渋滞状況実績と予測結果(3)

第7章 暫定2車線区間におけるソフト的渋滞対策

ソフト的渋滞対策として、LED 標識を用いた動的渋滞情報の提供によるボトルネック交通容量増加の可能性及びそのメカニズムを分析する。また、交通需要の抑制という観点から、渋滞予測情報の提供による渋滞軽減の可能性について分析を行う。

7-1 LED 標識の渋滞先頭位置情報提供によるソフト的渋滞対策

7-1-1 LED 標識による渋滞先頭位置情報提供の概要

(1) 目的

平成15年度以降、東北道の矢板 IC 付近や関越道の花園 IC 付近等において、ソフト的渋滞対策として、LED 標識を用いた渋滞解消を促す情報提供により、渋滞発生後捌け交通量を増加させる施策が実施されている。これら実施箇所では、渋滞発生後捌け交通量が5～10%程度増加しており、一定の渋滞対策効果が得られている。

そこで、ソフト的渋滞対策として、東海北陸道の渋滞発生箇所に LED 標識を配置し渋滞先頭位置情報を提供することにより、渋滞発生後捌け交通量の増加を促す試行実験を行った。そして、暫定2車線区間においても、東北道や関越道等で見られたような同様の渋滞緩和効果が得られるか検証する。

(2) 調査実施内容

調査実施箇所

東海北陸道（上り線） 美並 IC～郡上八幡 IC 間の亀尾島 TN 付近

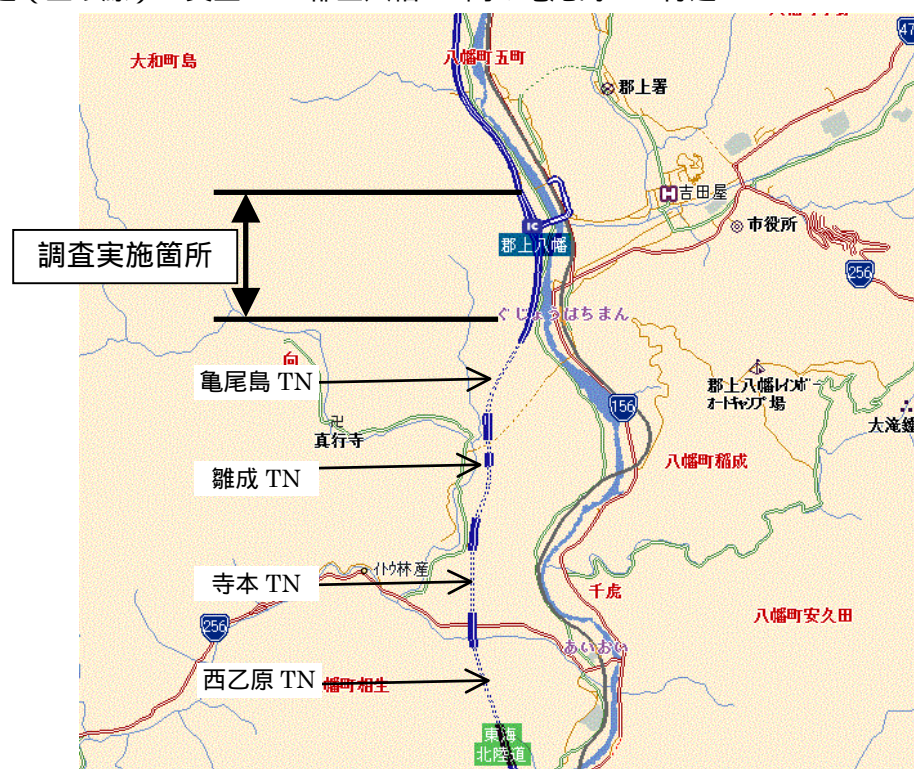


図 7-1-1 LED 標識による渋滞先頭位置情報提供実験の位置図

調査内容

- ・ LED 表示板での渋滞解消情報の提供による渋滞発生後捌け交通量の上昇効果調査
- ・ 車両感知器データによる交通容量分析調査
- ・ ビデオ撮影

調査日時

表 7-1-1 LED 標識による渋滞先頭位置情報提供実験調査日時

区分	調査月日	調査時間	実績渋滞状況	
			時間 1	最大渋滞長 2
実施日	平成 17 年 8 月 15 日 (月曜日)	11:00 ~ 18:30	14:10 ~ 20:30	21.3km
	平成 17 年 8 月 16 日 (火曜日)	11:00 ~ 19:00	15:25 ~ 19:10	12.9km

1 実績渋滞状況の渋滞発生時間は、車両感知器データより

2 実績渋滞状況の最大渋滞長は、JH 岐阜管理渋滞記録簿より

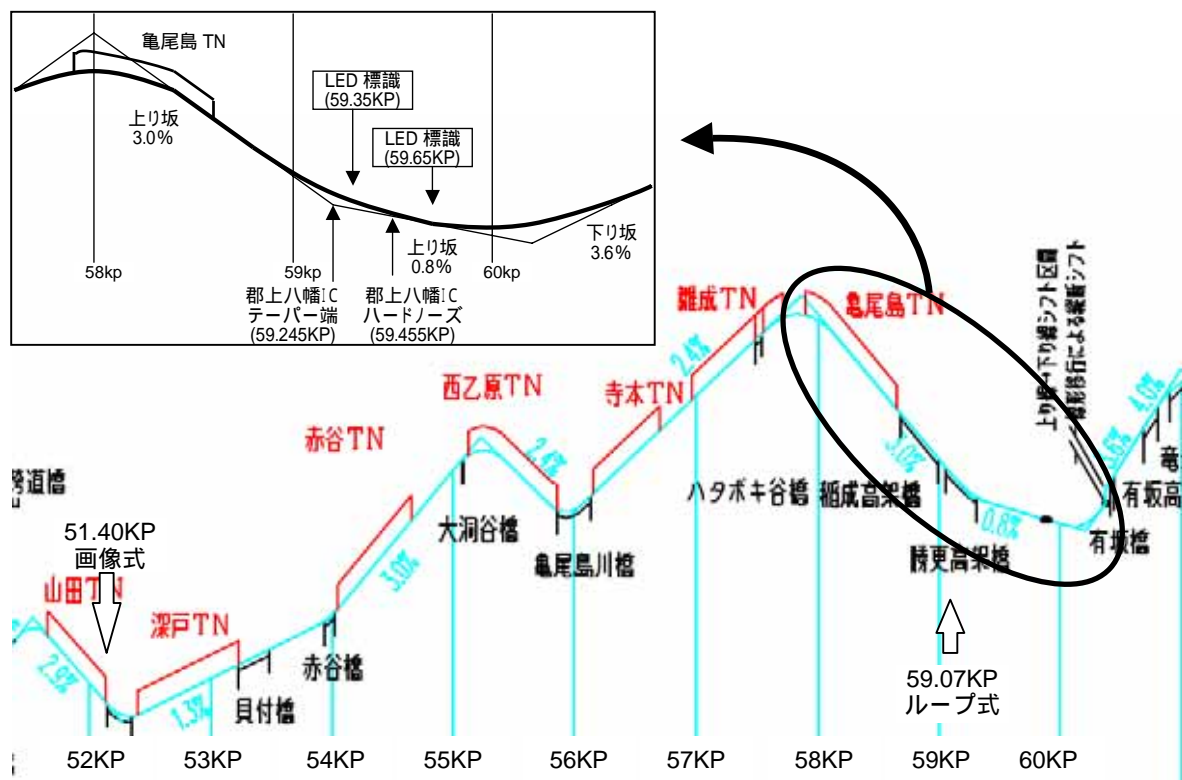


図 7-1-2 LED 標識による渋滞先頭位置情報提供実験調査箇所の縦断線形

(3) LED 表示板の表示位置および表示内容
LED 表示板の配置位置

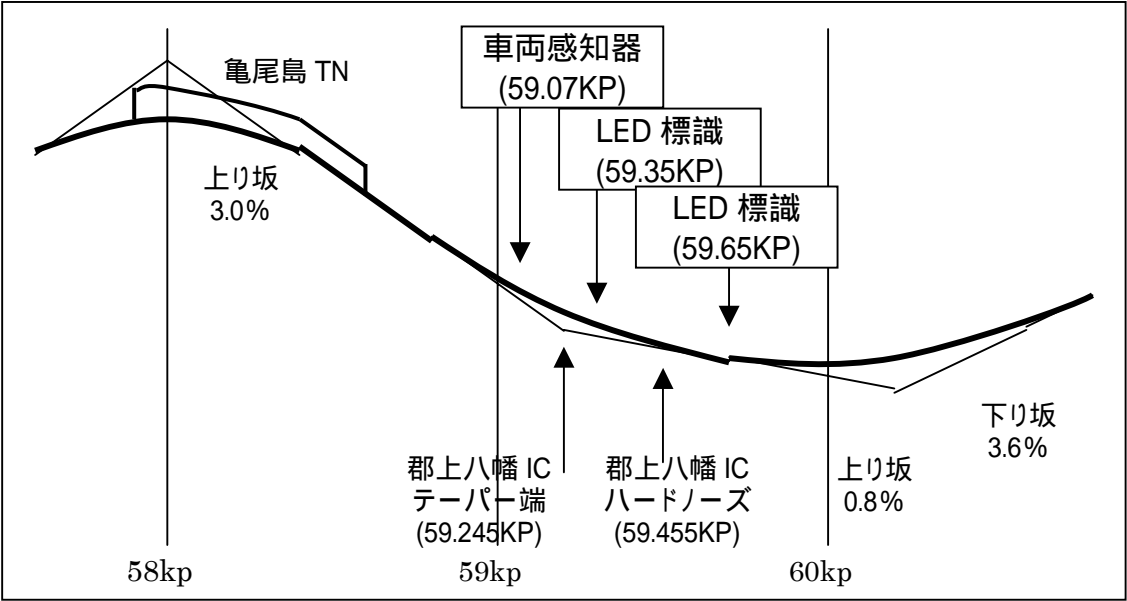


図 7-1-3 渋滞先頭位置情報提供実験時における LED 表示板の配置位置

LED 表示板の表示内容（左図：上流側、右図：下流側）

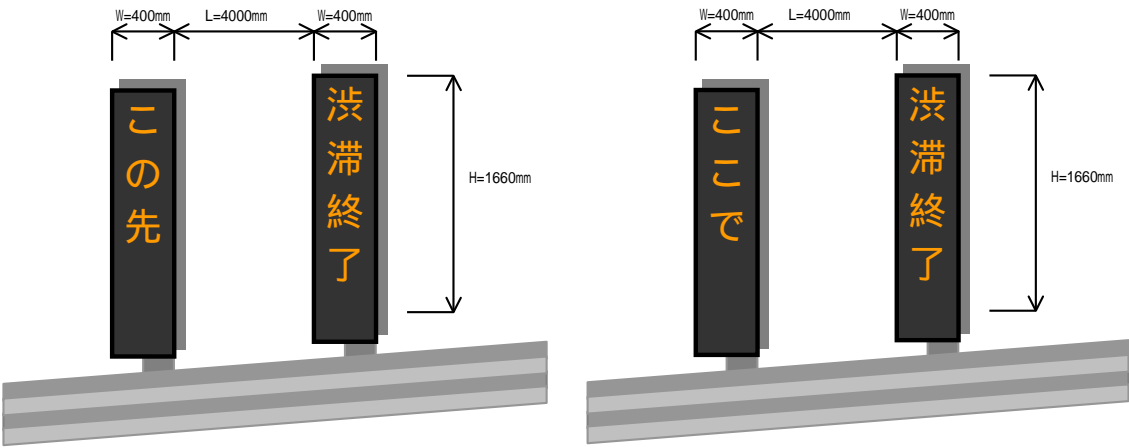


図 7-1-4 渋滞先頭位置情報提供実験時における上下流側の LED 表示板

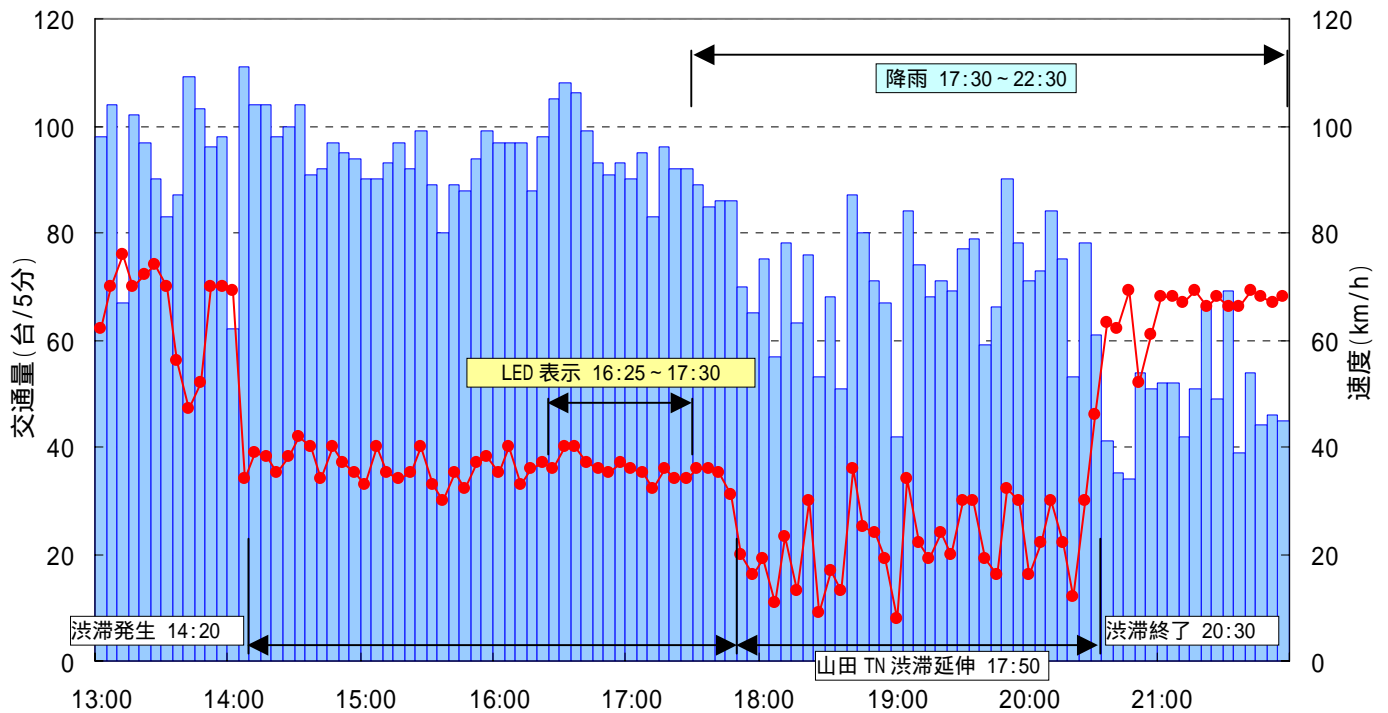
表 7-1-2 渋滞先頭位置情報提供実験時における LED 表示板の表示内容

項 目	上流側	下流側
配置位置	合流部300m上流（59.65KP付近）	合流部付近（59.35KP付近）
表示内容例	「この先」「渋滞終了」	「ここで」「渋滞終了」

(4) LED表示時 (平成17年 8 月15日) の交通量および速度状況の整理

表 7-1-3 渋滞先頭位置情報提供実験日における交通状況

項目	細目	備考
調査日	平成17年8月15日 (月曜日)	
区間別日交通量 (上り線)		
美並IC ~ 郡上八幡IC	14,630 台/日	
郡上八幡IC ~ ぎふ大和IC	11,600 台/日	
ぎふ大和IC ~ 白鳥IC	11,548 台/日	
渋滞時間	14:20 ~ 17:45	亀尾島TN付近先頭
	17:45 ~ 20:30	山田TN付近先頭
最大渋滞長 (渋滞起終点)	21.3km (57.8 ~ 71.5kp)	J H 渋滞記録簿
	5.1km (59.0 ~ 64.1kp)	車両感知器データ推定
日の出/日の入時刻	5:11 / 18:43	
降雨時間	17:30 ~ 22:30	
LED表示時間	16:25 ~ 17:30	
渋滞発生時交通量 (台/時)	1,276/1,232	15分/30分フローレート
渋滞発生後捌け交通量 (台/時)	1,127 (LED非表示)	14:20 ~ 16:25 (昼・晴)
	1,254 (LED表示)	16:25 ~ 16:45 (昼・曇)
	1,100 (LED表示)	16:45 ~ 17:30 (薄暮・曇)



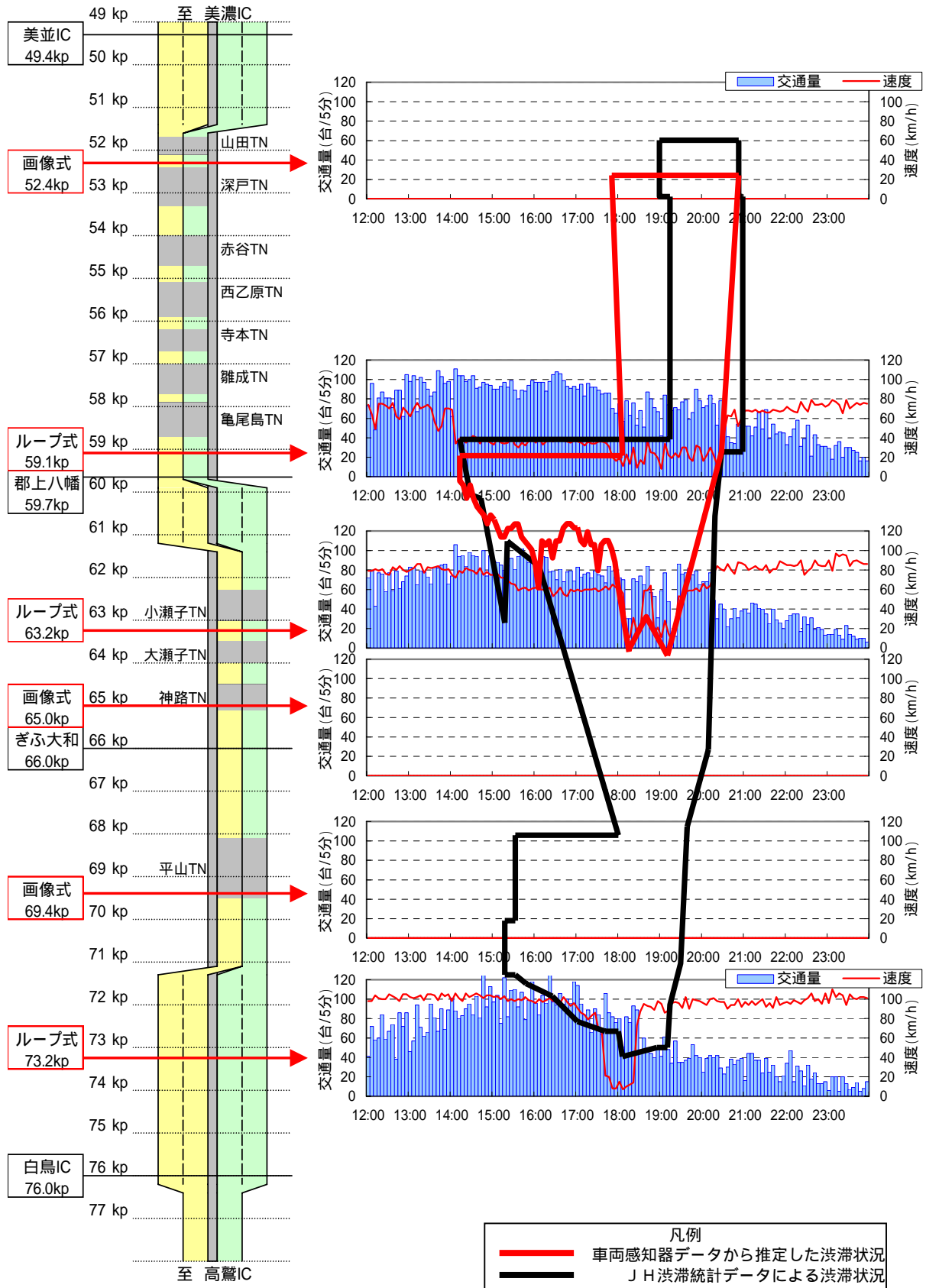


図 7-1-6 東海北陸道(上り線)美並～白鳥間の渋滞先頭位置情報提供実験日の交通状況図

7-1-2 LED 標識の渋滞先頭位置情報提供による効果

(1) 情報提供効果の評価手法

情報提供効果のフロー

車両感知器データを用いた交通容量分析を図 7-1-7 のフローに従って行い、表示時と非表示時の渋滞発生後捌け交通量の増減を比較し、LED 表示による情報提供の効果を評価した。

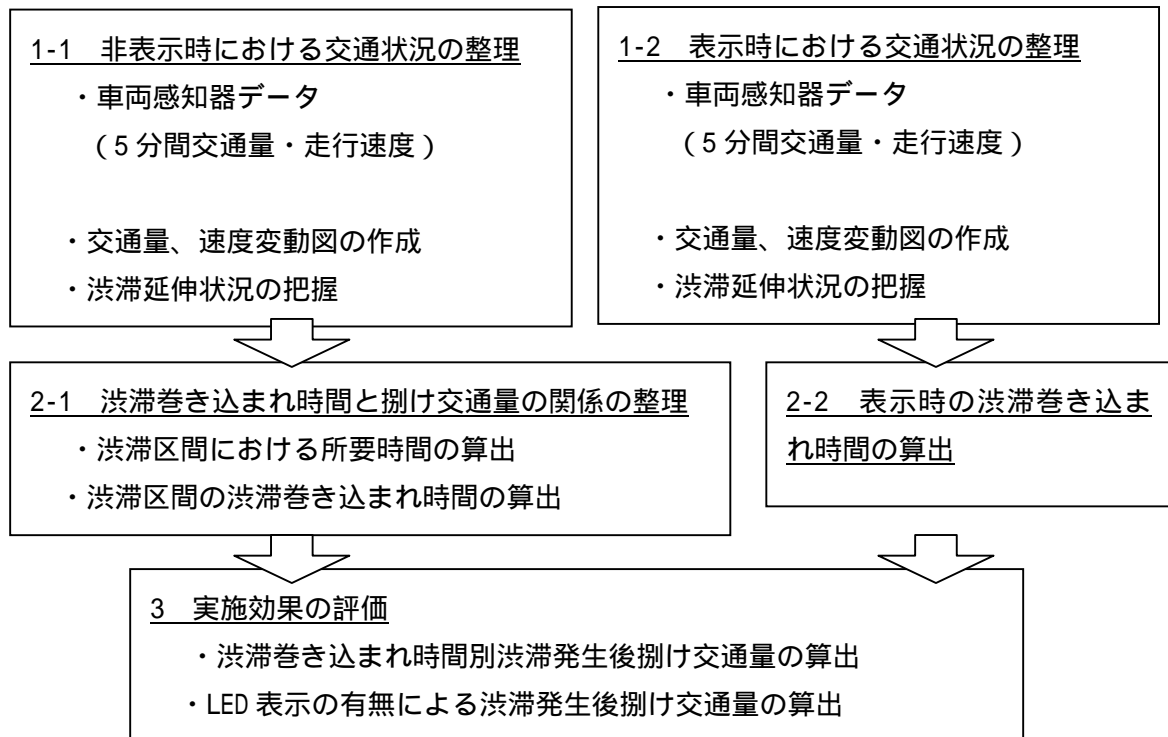


図 7-1-7 LED 標識による情報提供効果の評価方法

LED 表示板の表示時と非表示時の対象日

情報提供効果の評価に用いる対象日は、下記の条件により抽出された日を対象とした。

- ・ 亀尾島 TN (58.7kp) 付近を先頭とする渋滞が発生している。
- ・ 降雨もしくは降雪がみられない。

表 7-1-4 LED 標識による情報提供効果評価に用いる対象日

年月日	LED表示 非表示	上下	始 時間	終 時間	ピーク	始 KP	終 KP	最大 渋滞長
2004.8.22 (日)	非表示	上り	15:32	22:18	16:57	58.7	71.5	12.8
2005.5.1 (祝)	非表示	上り	14:20	18:41	17:08	58.7	72.0	13.3
2005.5.3 (祝)	非表示	上り	16:34	19:34	18:04	57.0	71.0	14.0
2005.5.5 (祝)	非表示	上り	13:35	19:33	18:00	58.6	72.0	13.4
2005.8.15 (月)	表示/非表示	上り	14:25	21:01	19:13	51.7	73.0	21.3
2005.8.16 (火)	表示/非表示	上り	15:34	19:21	17:57	58.7	71.6	12.9

資料：JH 渋滞統計データおよび JH 渋滞記録データ

(3) 渋滞巻き込まれ時間と渋滞発生後捌け交通量の関係

「渋滞巻き込まれ時間」とは、渋滞の末尾に到着してから渋滞の先頭に到達するまでに要する時間であり、車両感知器データの平均走行速度（5 分間値）から、車両感知器間（概ね 2km）の通過所要時間（＝車両感知器勢力範囲の距離÷走行速度）を算出し、通過した時刻の渋滞巻き込まれ時間を算出するべきである。

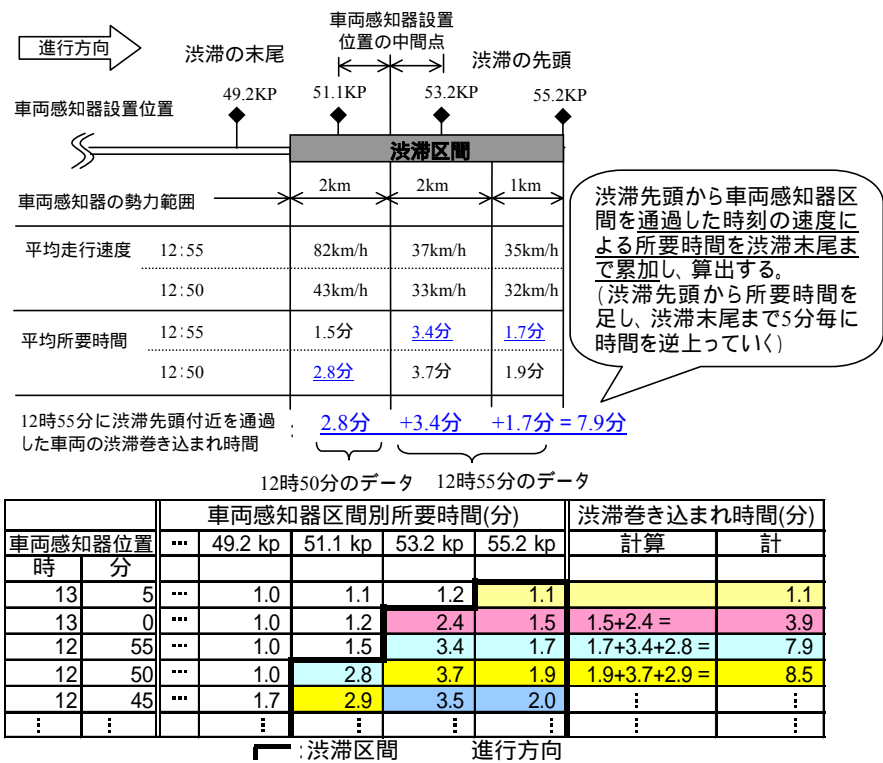


図 7-1-8 情報提供効果評価に用いる渋滞巻き込まれ時間の算出例

しかし、本対象区間内である美並 IC～白鳥 IC 間では、IC 間に 1～2 箇所しか車両感知器が設置されておらず、上記の方法による渋滞巻き込まれ時間を算出することはできなかった。

そこで、各時間帯で発生している渋滞長と渋滞通過時走行速度 20km/h（現地調査による算出値）から渋滞巻き込まれ時間を算出することとした。

時間	交通量 (台/5分)	渋滞長 (km)	巻き込まれ 時間(分)
14:00	92	0.4	1.3
14:05	83	0.2	0.5
14:10	83	0.8	2.5
14:15	82	1.1	3.4
14:20	83	1.7	5.0
14:25	83	2.1	6.4
14:30	80	2.8	8.5
14:35	84	3.1	9.2
14:40	87	3.4	10.2
14:45	83	4.2	12.5
14:50	95	4.1	12.4
14:55	95	3.8	11.4

図 7-1-9 本検討に用いる渋滞巻き込まれ時間の算出例

各対象日の渋滞発生後捌け交通量と、上記の算出例に従い算出した5分毎の渋滞巻き込まれ時間との関係を図 7-1-10 に示す。また、LED 表示非表示別の渋滞巻き込まれ時間と渋滞発生後捌け交通量との関係を図 7-1-11 に示す。

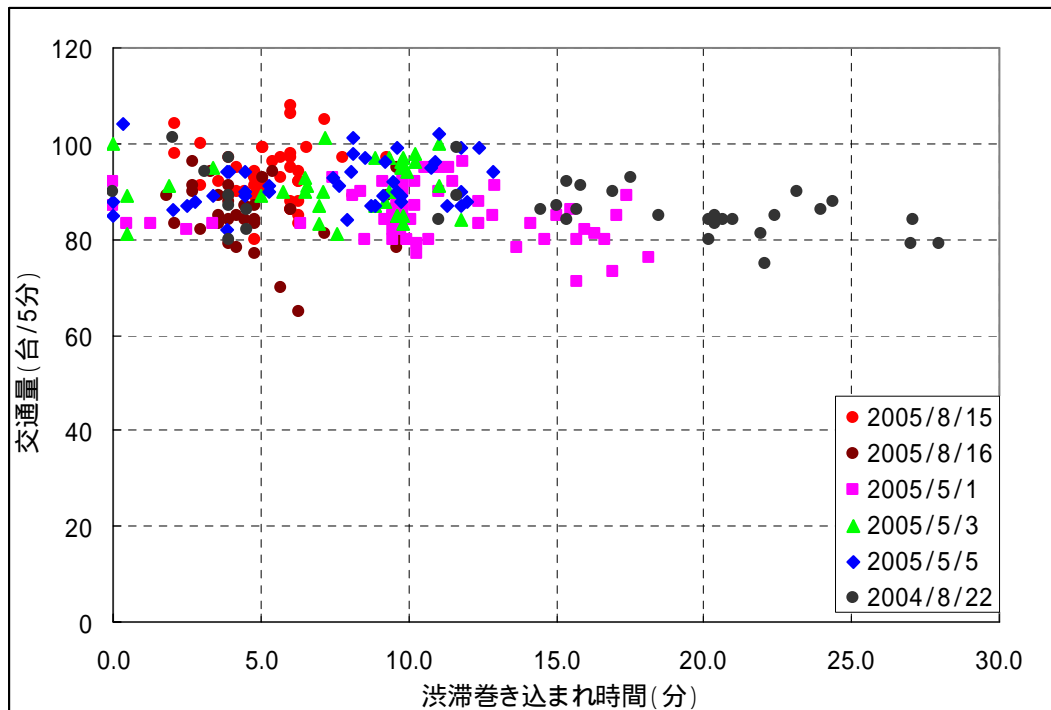


図 7-1-10 対象日別の渋滞巻き込まれ時間と渋滞発生後捌け交通量関係

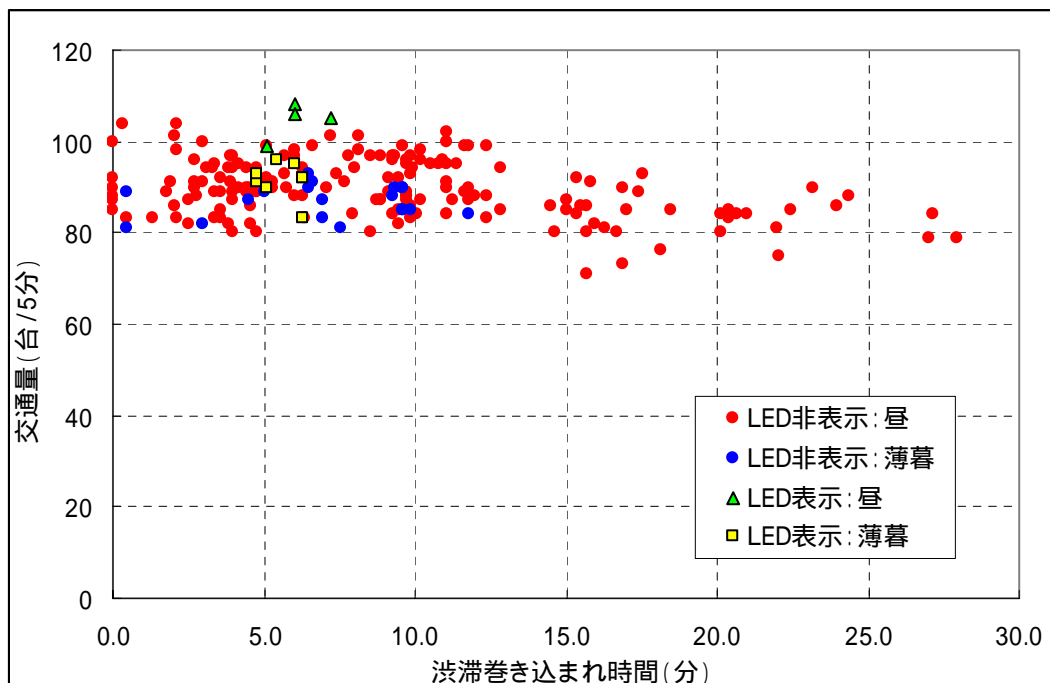


図 7-1-11 LED 表示非表示別の渋滞巻き込まれ時間と渋滞発生後捌け交通量の関係

渋滞巻き込まれ時間が長くなるほど、渋滞発生後捌け交通量が低下する傾向にある。

この近似直線回帰式の解を非表示の渋滞発生後捌け交通量の期待値として扱い、その値を表示時の渋滞発生後捌け交通量と比較し、増加率を算出する。

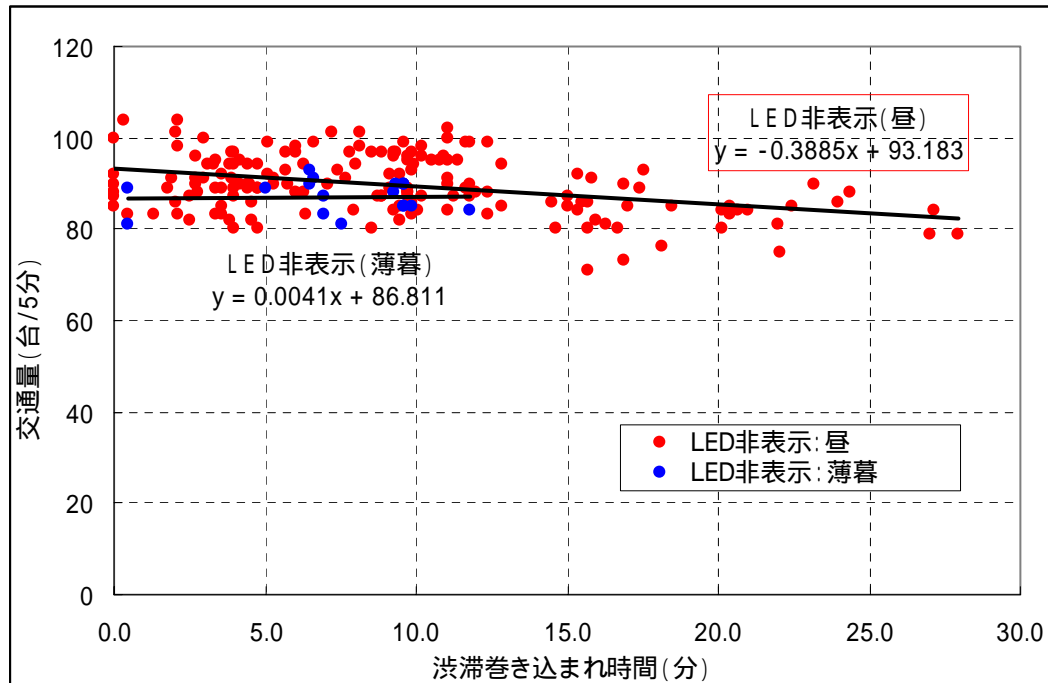


図 7-1-12 渋滞巻き込まれ時間と渋滞発生後捌け交通量の回帰式

渋滞巻き込まれ時間 30 分未満の時の期待値

$$Q1 = -0.3885 \times t + 93.183 \text{ (昼)}$$

(渋滞巻き込まれ時間 30 分以下の回帰式を適用)

$$Q2 = 86.8 \text{ (薄暮)}$$

(渋滞発生後捌け交通量の平均値を適用)

Q : 非表示時の渋滞発生後捌け交通量の期待値 (台/5 分)

t : 渋滞巻き込まれ時間 (分)

(3) 実施効果 (渋滞発生後捌け交通量の増加量)

渋滞巻き込まれ時間に対する渋滞発生後捌け交通量と増加効果

前述した回帰式に従い、表示の渋滞巻き込まれ時間に対する非表示時の渋滞発生後捌け交通量 (期待値) を算出し、表示時の渋滞発生後捌け交通量との比較を行った。

その結果、LED 表示時の渋滞発生後捌け交通量が、LED 非表示時に比べ、約 9%増加させる効果があることがわかった。また、昼間時間帯のみに着目すると、約 15%増加させる効果があることがわかった。

表 7-1-5 LED 標識の渋滞先頭位置情報提供による渋滞発生後捌け交通量の増加効果

年月日	時分	表示時 交通量 台/5分	渋滞巻き 込まれ 時間 分	非表示時 交通量 台/5分	差分 %
2005/8/15	16:25	105	7.2	90.4	16.2%
2005/8/15	16:30	108	6.0	90.9	18.9%
2005/8/15	16:35	106	6.0	90.9	16.7%
2005/8/15	16:40	99	5.1	91.2	8.6%
2005/8/15	16:45	93	4.8	86.8	7.1%
2005/8/15	16:50	91	4.8	86.8	4.8%
2005/8/15	16:55	93	4.8	86.8	7.1%
2005/8/15	17:00	90	5.1	86.8	3.7%
2005/8/15	17:05	95	6.0	86.8	9.4%
2005/8/15	17:10	83	6.3	86.8	-4.4%
2005/8/15	17:15	96	5.4	86.8	10.6%
2005/8/15	17:20	92	6.3	86.8	6.0%
2005/8/15	17:25	92	6.3	86.8	6.0%
平均		95.6		88.0	8.6%
昼のみ		104.5		90.8	15.1%
薄暮		91.7		86.8	5.6%

昼間

薄暮

表 7-1-6 LED 標識の渋滞先頭位置情報提供による時間帯別渋滞発生後捌け交通量の増加効果

時間帯	LED 表示	渋滞発生後捌け交通量		増加効果	
		台/5 分	台/時	増加台数	増加率
全日	表示時	96	1,147	91	8.6%
	非表示時	88	1,056	-	-
昼間	表示時	105	1,254	164	15.1%
	非表示時	91	1,090	-	-
薄暮	表示時	92	1,100	58	5.6%
	非表示時	87	1,042	-	-

7-1-3 渋滞発生後捌け交通量の増加効果に関する暫定2車線道路と多車線道路との比較

表 7-1-7 には、LED 標識を用いた渋滞先頭位置及び速度回復促進情報の提供により、渋滞発生後捌け交通量の増加効果に関する暫定2車線区間と4車線・6車線の多車線道路との比較を示す。ここでの容量増加効果は、渋滞巻き込まれ時間を考慮した算出結果となっている。

表より、以下のようなことが言える。

LED 標識を用いた渋滞先頭位置及び速度回復促進情報の提供による渋滞発生後捌け交通量の増加効果を片側車線数別に比較すると、片側3車線区間では約5-7%で最も低く、次いで片側2車線区間の12%、暫定2車線区間では約15%と最も高い容量増加効果となっている。

片側車線数別の比較結果は、1車線当たりの交通量の増加台数をみても分かる。1車線当たりの交通量の増加台数は、片側3車線では約60-110台/時、片側2車線では約150台/時、片側1車線の暫定2車線では約160台/時と、片側の車線数の増加につれて渋滞発生後捌け交通量の1車線当たりの増加台数が増えている。

ボトルネックにおける渋滞発生時交通容量から渋滞発生後交通容量への低下率をみると、片側3車線と暫定2車線区間では約15%、片側2車線では約28%の低下となっており、この容量の低下程度がLED標識による渋滞発生後捌け交通量の増加の最大限度であると考えられる。一方、LED標識による渋滞発生後交通容量低下の回復率は、暫定2車線区間では約88%、片側2車線では約30%、片側3車線では約25-50%となっており、暫定2車線区間の回復率が最も高いことが分かる。このことは、実験当日のLED標識を出した後に観測された捌け交通量1,254台/時が渋滞発生時の交通容量である1,276台/時に非常に近いことから分かる。

暫定2車線区間での捌け交通量は、LED標識の情報提供により増加したものの、片側2-3車線区間におけるLED標識の情報非提供時のそれらよりまだ低くなっている。これは、暫定2車線区間では片側1車線区間のため、前車との車間距離を少し空けても他車に割り込まれる心配がないことから、多車線区間より多少緩慢な追従挙動を示しているためであると考えられる。

表 7-1-7 渋滞発生後捌け交通量の増加効果に関する暫定2車線道路と多車線道路との比較

調査箇所			ボトル ネック 要因	片側 車線数	LED表示状況						渋滞発生 時交通量 (15分間 フローレート)	渋滞発生後捌け交通量 (平均フローレート)				渋滞発生後容量 の低下		LED表示による渋滞発生後容量 低下の回復率
路線名	上下	発生箇所			対象日	時間帯		天候	表示内容			台/時	非表示時 台/時	表示時 台/時	増加台数 台/時	増加率	台数	
						開始	終了		上流側	下流側	台/時						台/時	
東名	下り	大和地区	サグ	3車線	H13.8.4	6:30	7:00	晴	300m先 渋滞終了	速度回復 願います	5,344 (1,781)	4648 (1,549)	4976 (1,659)	328 (109)	7.1%	696 (232)	13.0%	47%
関越道	下り	花園IC付 近	サグ	3車線	H17.2.11	9:10	11:25	晴	500m先 渋滞終了	速度回復 願います	4,696 (1,565)	3932 (1,311)	4122 (1,374)	190 (63)	4.8%	764 (255)	16.3%	25%
中央道	下り	元八王子 BS付近	サグ	2車線	H15.8.30	8:15	11:30	晴	1km先 渋滞終了	-	3,372 (1,686)	2417 (1,209)	2713 (1,357)	296 (148)	12.2%	955 (478)	28.3%	31%
東海北 陸道	上り	亀尾島 TN付近	サグ	1車線	H17.8.15	16:25	17:30	晴	この先 渋滞終了	ここで 渋滞終了	1,276	1,090	1,254	164	15.0%	186	14.6%	88%

注：1)表中()には1車線当たりの交通量を示す。

2)東海北陸道以外の3箇所は、「高速道路の交通対策に関する検討報告書」(財団法人 高速道路技術センター、平成17年3月)による。

7-1-4 LED 標識による渋滞発生後捌け交通量増加のメカニズム

LED 標識による渋滞発生後捌け交通量の増加について効果発現メカニズムを図 7-1-13 に示す。

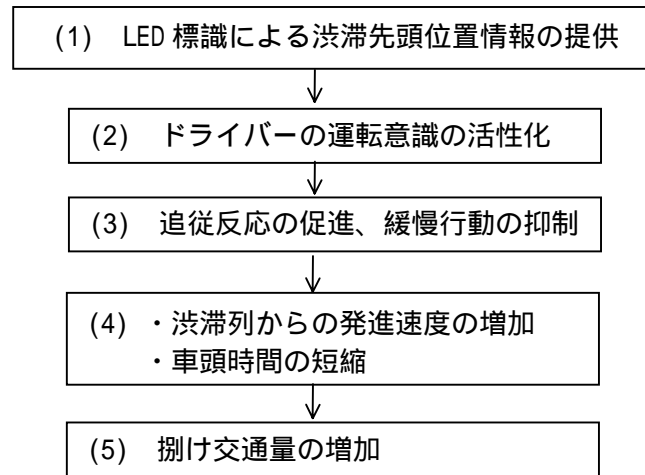


図 7-1-13 LED 標識による渋滞発生後捌け交通量増加のメカニズム

このメカニズムの中に、LED 標識によるドライバーの運転挙動の活性化から追従反応の促進及び緩慢行動の抑制が期待することができる。その結果、渋滞列から発進速度の増加と車間間隔の減少もしくは過大な開きの抑制により発進流の車頭時間が短縮でき、よって渋滞発生後捌け交通量の増加に繋がっているものと考えられる。

このことは、図 7-1-14 に示す実験当日の LED 標識情報提供前後の Q-V 図からも分かる。LED 標識による情報提供後の平均速度を比較すると、情報提供後の 20 分間の平均速度が提供前の 1 時間の平均速度より 2km/時しか高くなっていないが、捌け交通量は約 100 台/時の増加となっている。

また、図 7-1-15 より、LED 標識の情報提供前後 20 分間の車両時間分布から、LED 標識による情報提供後、全体の車頭時間分布が左にシフトしており、渋滞発生後捌け交通量が増加していることが分かる。

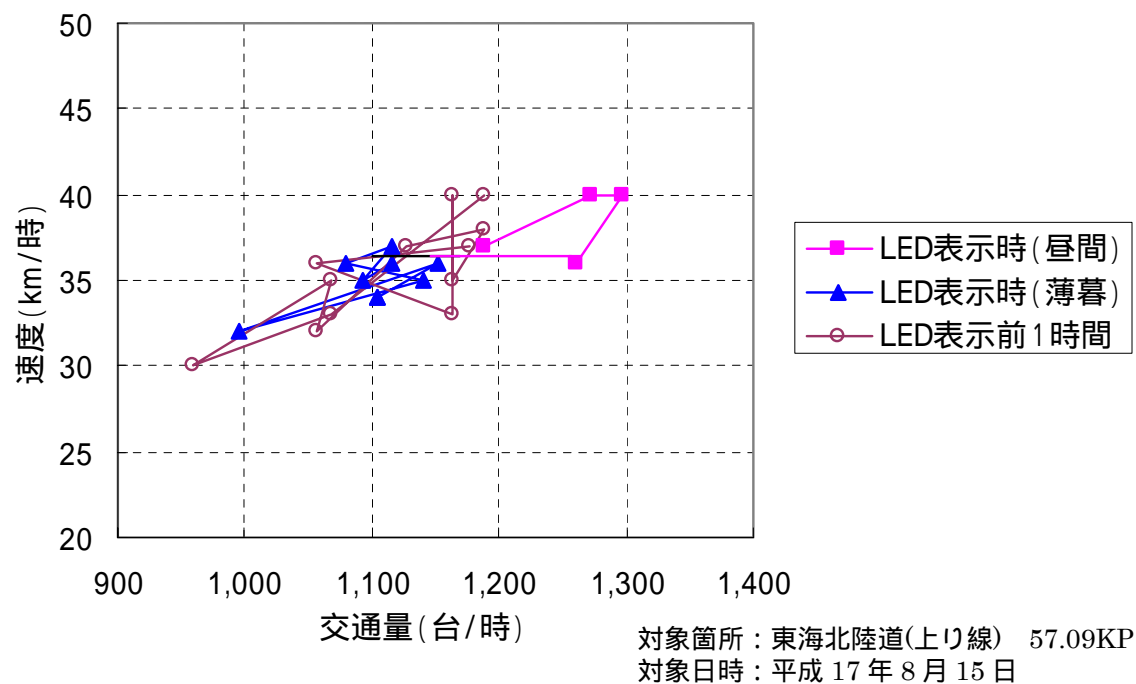
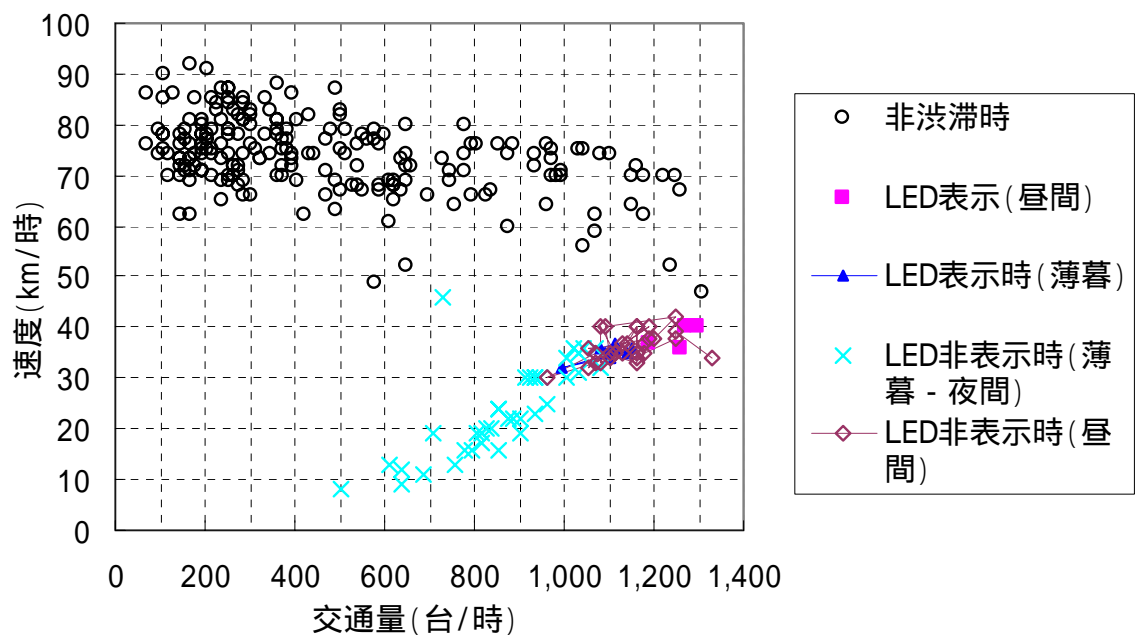


図 7-1-14 LED 標識による渋滞先頭位置情報提供前後の Q-V 図

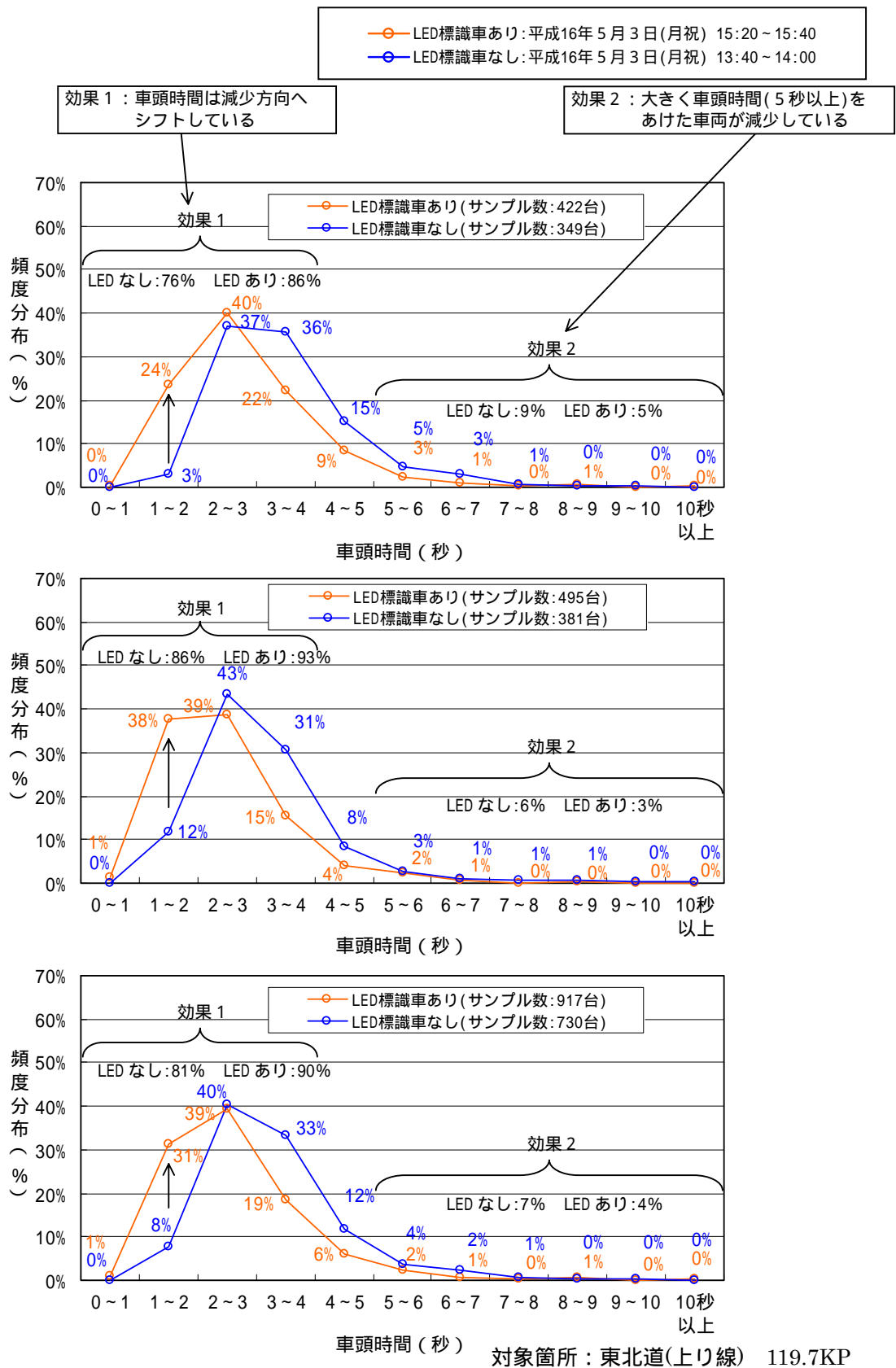
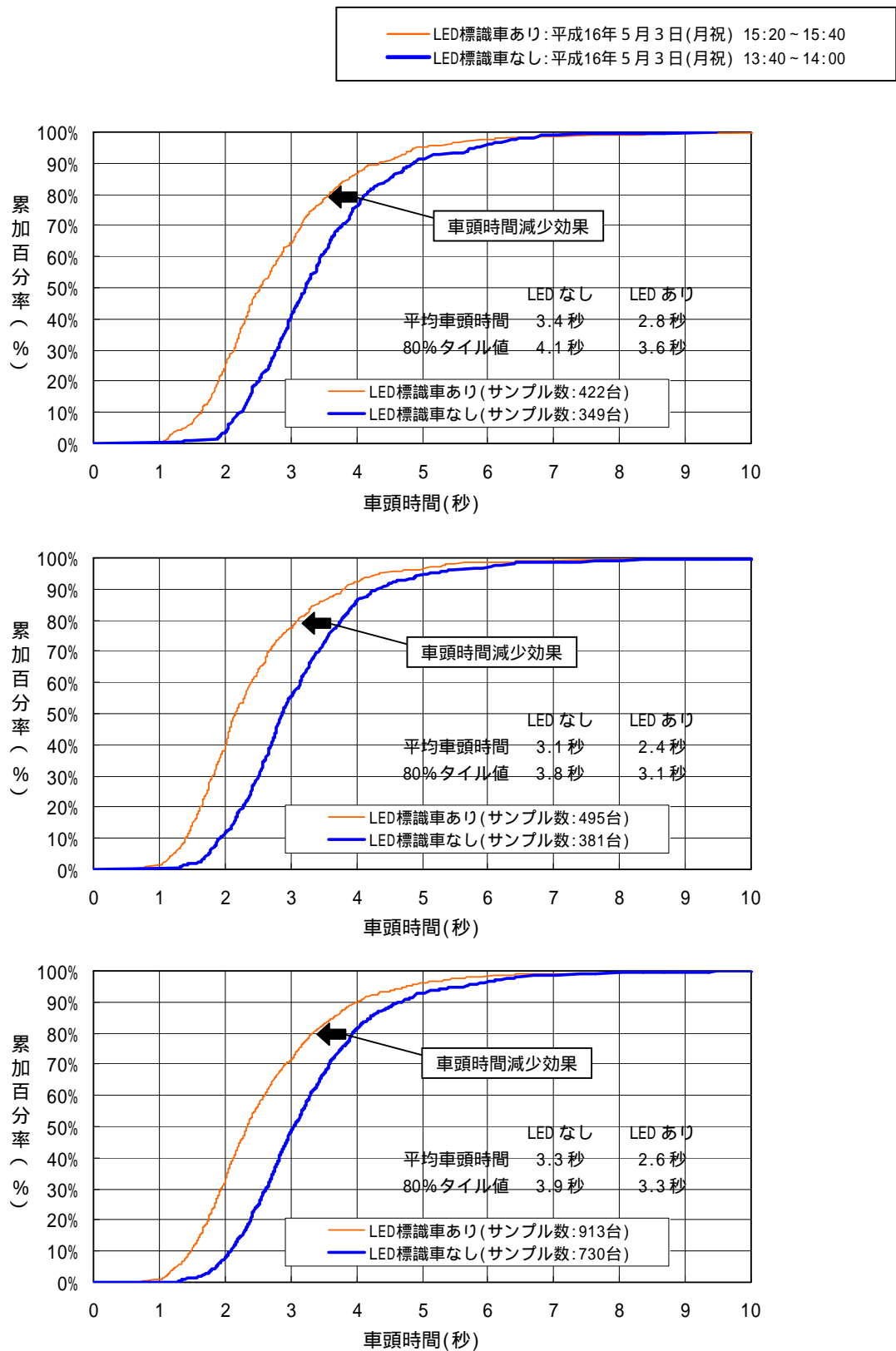


図 7-1-15(1) LED 標識車による渋滞発生後車頭時間分布の変化



対象箇所：東北道(上り線) 119.7KP

図 7-1-15(2) LED 標識車による渋滞発生後車頭時間累加百分率の変化

7-1-5 東海北陸道暫定2車線区間のソフト的渋滞対策への提案

(1) 本検討から得た課題

LED表示による渋滞先頭位置情報の提供は、亀尾島TN付近に設置しただけである。

亀尾島TN付近にLED表示による渋滞先頭位置情報を提供した後、渋滞先頭が下流側の山田TN付近となった。

ボトルネックである山田TN付近、平山TN付近でも渋滞が発生しており、この渋滞が亀尾島TN付近での渋滞と繋がることにより、大きな渋滞となる。

亀尾島TN以外でも、LED標識等による渋滞先頭位置情報を提供すべきである。

(2) 効果的な渋滞先頭位置情報の提案

ボトルネックとなっている山田TN、亀尾島TN、平山TN付近3箇所にLED標識等による渋滞先頭位置情報を提供する。

LED標識を設置する箇所がない、山田TN、平山TN付近では、トンネル入り口情報版を用い、渋滞先頭位置情報を提供する。(本来の情報提供に支障がきたさない時間帯のみ)

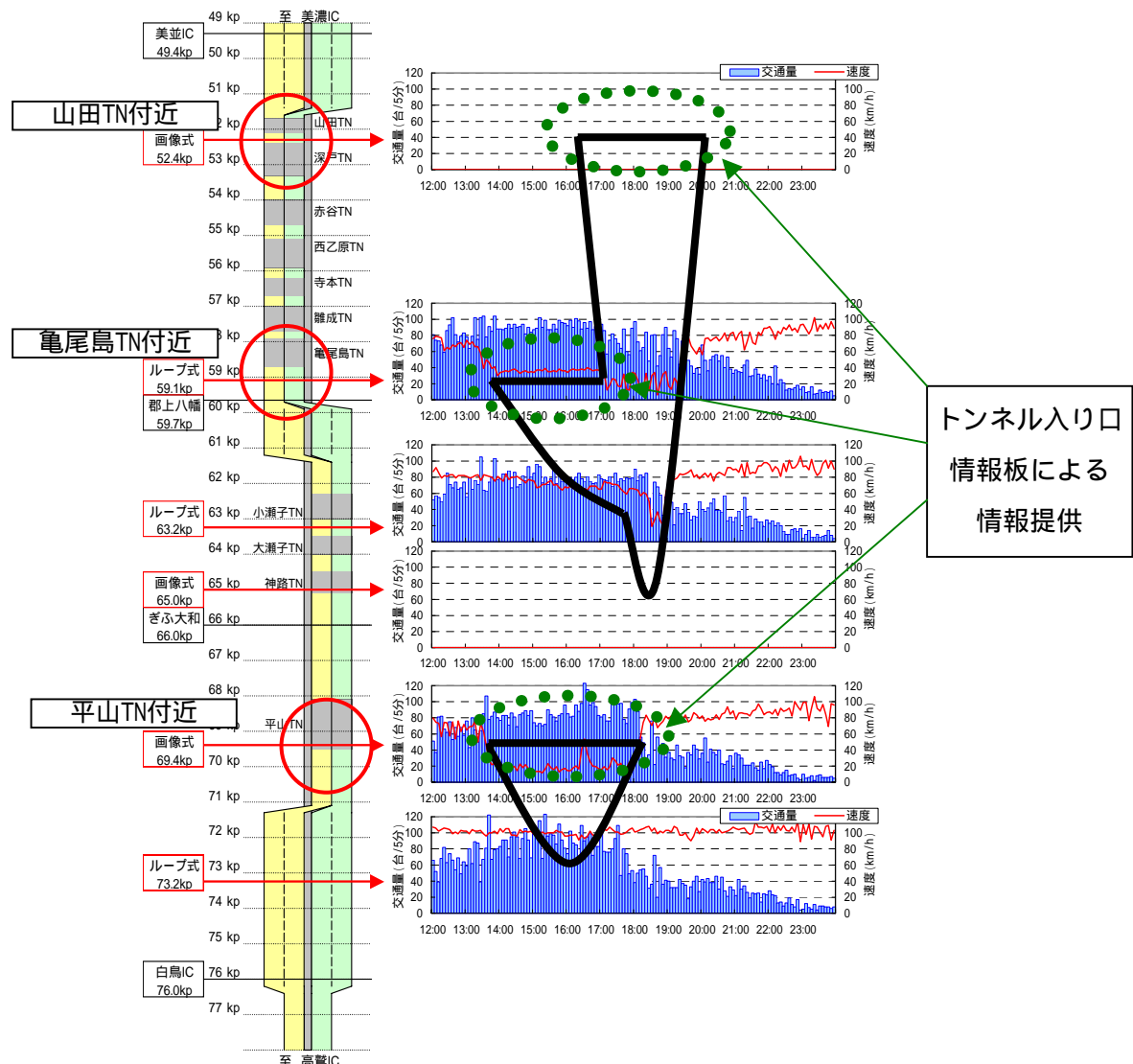


図 7-1-16 東海北陸道(上り線)美並～白鳥間での渋滞先頭位置情報提供案

7-2 交通需要分散によるソフト的渋滞対策

高速道路におけるソフト的渋滞対策としては、近年、LED 標識からの情報提供による渋滞発生後捌け交通量の上昇、渋滞予測情報の提供による交通需要の分散（TDM：経路分散・時間分散）、ETC 車を対象とした弾力的な料金設定による交通需要の分散等が全国各地で行われている。

東海北陸道（上り線）における渋滞発生状況をみると、冬期スキーシーズンにおける午後に大規模な渋滞が発生している傾向がみられる。これは、東海北陸道沿線の郡上市北部に多くのスキー場が存在しており、東海地方はもとより関西地方からのスキー客の帰宅時間が午後に集中するためと考えられる。

すなわち、スキー客の帰宅時間を分散させることが可能であれば、大規模な渋滞を低減させることができるものと想定できる。

ここでは、スキー客の帰宅時間を分散させるような TDM 施策について既往事例を元に検討を行う。

7-2-1 東海北陸道における冬季交通需要の特徴

(1) 郡上市北部のスキー場

郡上市北部に位置するスキー場の箇所と利用可能時間は以下のとおりである。

表 7-2-1 のとおり、東海北陸道沿線のスキー場は、ナイター営業をしている箇所が 2 箇所と少なく、終了時間が 16:00～17:00 の時間帯に集中している。このため、スキー客の帰宅時間は 17:00 の前後に集中することが想定でき、そのほとんどの利用者が、東海北陸道を利用することが想定される。

表 7-2-1 東海北陸道沿線スキー場の箇所と利用可能時間

スキー場名称	1 日リフト券 利用可能時間	最寄りIC	ナイター 営業の状況
鷲ヶ岳スキー場	8:00～16:30	高鷲	16:00～19:45
ホワイトピアたかす	8:00～16:45	高鷲	
ダイナランド	8:00～17:00	高鷲	17:00～20:00
高鷲スノーパーク	8:00～16:30	高鷲	
ひるがの高原スキー場	8:00～16:30	高鷲	
郡上高原スキー場	不明	高鷲	
イトシロシャーロットタウン	8:00～16:00	白鳥	
荘川高原	8:00～16:45	荘川	
スノーウェーブパーク白鳥高原	8:00～16:30	白鳥	
ウィングヒル白鳥リゾート	7:30～17:00	白鳥	
めいほう	7:30～16:30	郡上八幡	

(2) スキーシーズンにおける交通量

東海北陸道の交通量とスキー客の帰宅交通に関係があるかを把握するため、郡上八幡以北の各IC間を対象に平成17年2月における平日土曜休日の平均時間交通量、5月の平日土曜休日の平均時間交通量を図7-2-1に示す。

整理した結果を次ページに示す。

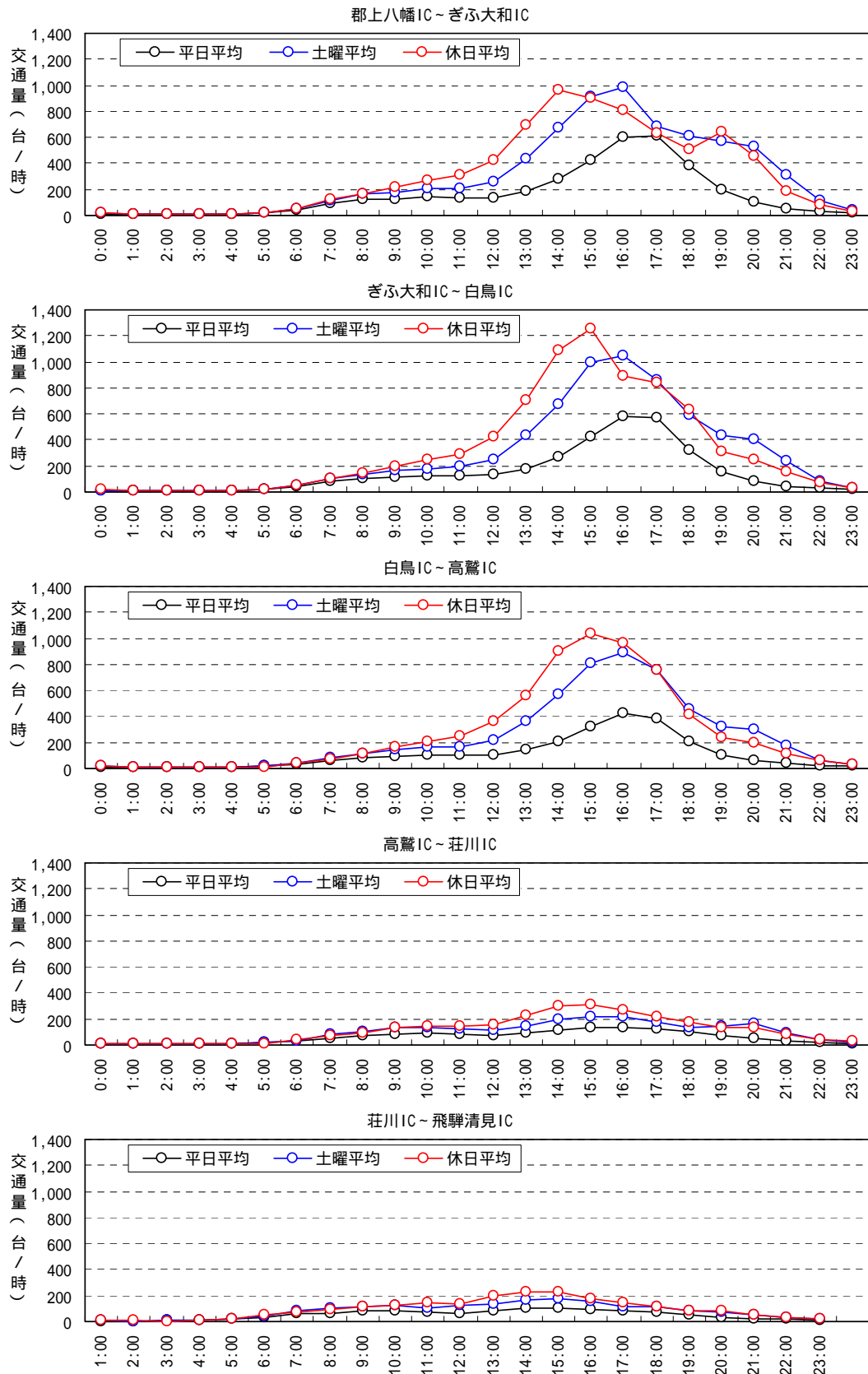
各ICとも平日は、ピーク時間帯においても600台/時以下となっている。

2月と5月の平均交通量をみると、5月の休日におけるピーク時間交通量は、概ね800台/時以下となっているものの、2月の休日におけるピーク時間交通量は、1,200台/時を超える時間帯も存在している。

2月の休日平均をみると、郡上八幡IC～ぎふ大和IC、ぎふ大和IC～白鳥IC、白鳥IC～高鷲IC間といった、スキー場にアクセスの良い高鷲IC以南の交通量が多くなっている。

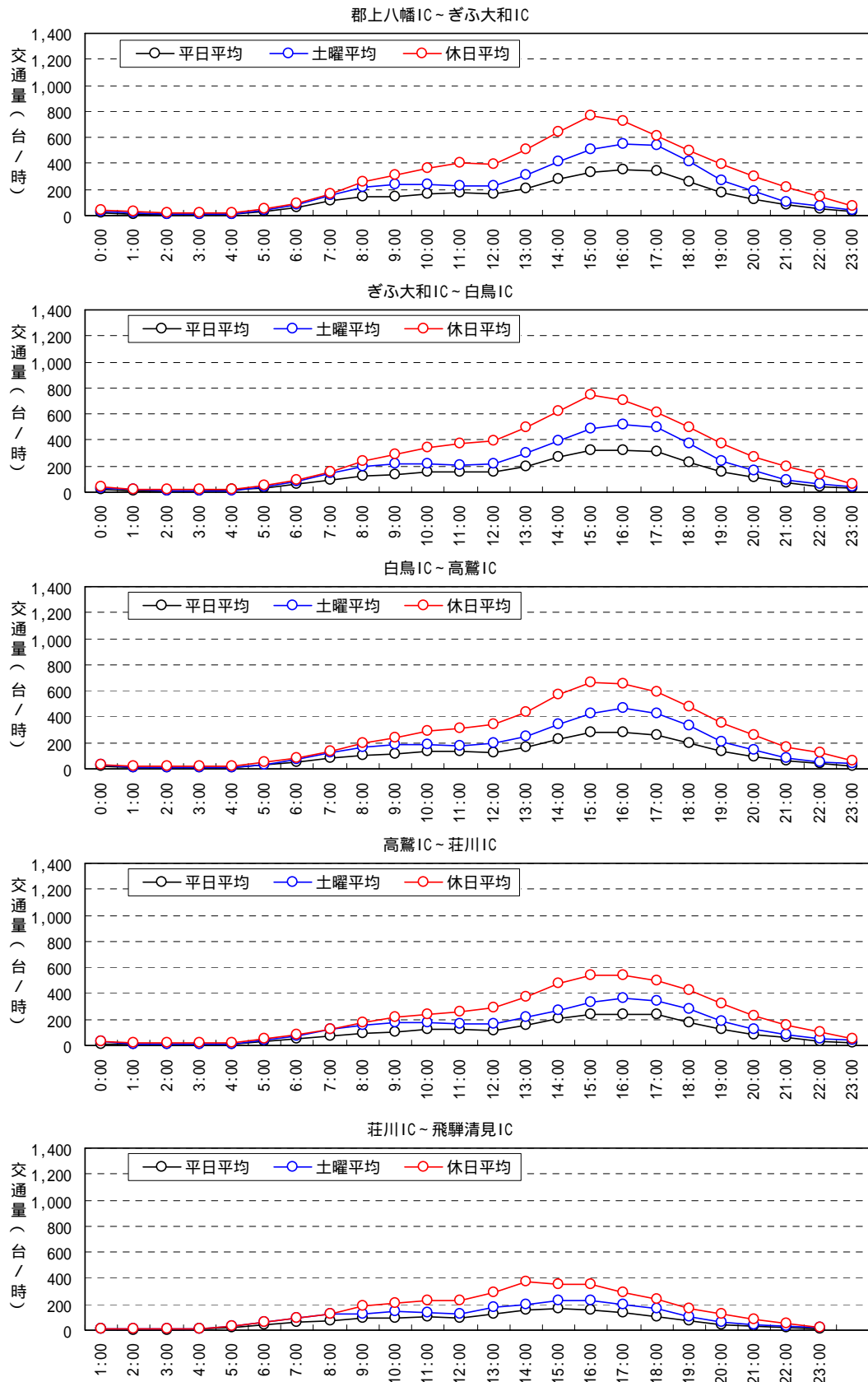
2月の休日におけるぎふ大和IC～白鳥IC、白鳥IC～高鷲IC間のピーク時間帯は、15時台となっており、スキー場終了時間より早い時間となっている。

東海北陸道（上り線）では、冬期スキーシーズンにおいてスキー客の利用が非常に多くなっている。一方これら利用者は、渋滞を避けるため、スキー場終了時間より早い時間に、帰宅を始めていることが想定できる。



対象期間：冬季平成 17 年 2 月

図 7-2-1(1) 東海北陸道(上り線)郡上八幡～飛騨清見間の平土休別時間交通量



対象期間：平成 16 年 5 月

図 7-2-1(2) 東海北陸道(上り線)郡上八幡～飛騨清見間の平土休別時間交通量

(3) 休日の時間変動の実態

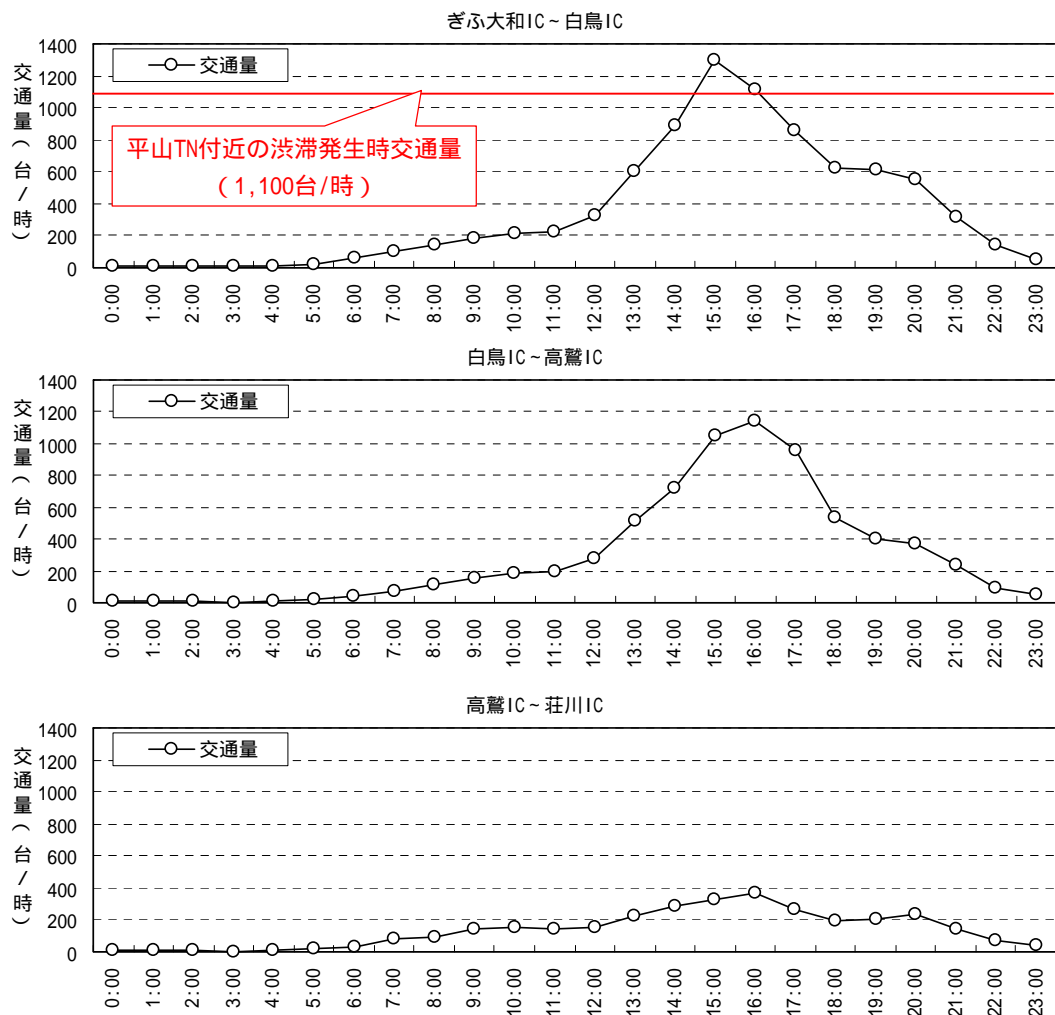
休日における時間変動の実態を明らかにするため、休日交通量の多い2月12日を対象に、時間変動をIC区間毎に整理する。

図7-2-2に、ぎふ大和IC～高鷲IC間の各IC間における交通量の時間変動と平山TN付近の実測渋滞発生時交通量(1,100台/時)のラインを示す。

ぎふ大和IC～白鳥IC間では15時台がピークとなっており、白鳥IC～高鷲IC間では16時台がピークとなっている。

ピーク時間帯の交通量は、平山TN付近の捌け交通量を上回っており、当日は渋滞が発生していたものと想定できる。

高鷲IC～荘川IC間の交通量は白鳥IC～高鷲ICに比べ、極端に少なくなっており、スキークの多くは高鷲ICから流入していることが伺える。



対象期間：平成17年2月12日

図7-2-2 東海北陸道(上り線)ぎふ大和～高鷲間の交通量時間変動

(4) 適用可能な時間分散 TDM

時間分散 TDM とは、ある時間に集中する需要交通を前後の時間に分散させることによって、需要交通の平準化を図り、渋滞の低減を図る手法である。

時間分散 TDM に関しては、既往の研究結果「東名高速道路の御殿場 IC に近接する「御殿場アウトレットモール」とタイアップした研究」において、出発時間を早めるような分散方法は、渋滞発生時間を早めることとなり、本来の目的である渋滞の低減には寄与しない恐れがあることが把握されている。

このため上記研究では、出発時間を遅らせることを目的に、ピーク時間帯に通過すると想定される利用者に対して「御殿場アウトレットモール」利用割引券を提供し、出発時間を遅らせるよう促した。その結果、需要交通が若干分散し、渋滞が低減する可能性が見いだせた。（東名高速道路は交通量が非常に多いため、全交通に占める御殿場アウトレットモール利用者は数％程度）

そこで、以下の時間分散 TDM によるソフト的渋滞対策が考えられる。

スキー客を対象とし、出発時間を遅らせる、または帰宅経路にある休憩施設を利用していただくことによる時間分散TDMの適用

スキー客以外（主に高山方面の観光客）を対象とし、出発時間を早めるような時間分散TDMの適用

現況渋滞状況や渋滞予測情報の提供による時間分散TDMの適用

7-2-2 沿道休憩施設と連携した時間分散 TDM

東海北陸道においては、図 7-2-1 に示したように、冬期においては、全交通量に占めるスキー客の利用台数が非常に多いと予想されるため、これら利用者を対象に出発時間を遅らせるような施策を行うことにより、需要交通の分散は容易に図れるものと想定できる。

このような背景を踏まえ、出発時間を遅らせることを目的として検討を行う。

(1) 沿道施設との連携

図 7-2-3 に高鷲 IC 周辺図を示す。

スキー場において出発時間を遅らせる方法が最適であるが、ナイター営業を行っているスキー場は2箇所に限られている。このため、スキー場に留まって頂く施策の適用は困難と考える。(今後、スキー場経営主体がナイター設備の充実を図ればこれら施設との連携は可能)

スキー客の多くは、図 7-2-2 に示したとおり高鷲 IC で流入し帰路についており、スキー場から高鷲 IC 間に位置する沿道施設との連携が可能と考えられるが、図 7-2-3 に示すとおり連携可能な沿道施設はほとんど存在していない。



図 7-2-3 東海北陸道 高鷲 IC 周辺の沿道施設

(2) 休憩施設との連携

図 7-2-4 に、高速道路上の休憩施設とボトルネックの位置と位置関係の一覧を示す。

岐阜県内の東海北陸道の上り線には、4 箇所休憩施設が設置されている。

高鷲 IC から平山 TN 付近の間に休憩施設は存在していない。

以上より、平山 TN 付近を先頭とする渋滞に対して連携可能な休憩施設は存在しない。



図 7-2-4 東海北陸道(上り線)休憩施設と国道 156 号道の駅「大日岳」

一方、図 7-2-3 に示したとおり、スキー場から高鷲 IC 間には、国道 156 号に道の駅「大日岳」が存在している。しかしながら、現状では営業時間が 17:00 までとなっており、駐車スペースも普通車 29 台分しかなく、適切な休憩施設とは言い難い。

(3) 出発時間を遅らせる方法の検討

出発時間を遅らせる方法としては、沿道施設との連携、休憩施設との連携が必要不可欠であるが、(1)(2)の整理結果から、以下に示す前提条件が存在する。

スキー場のナイター設備の充実について

郡上市北部では、東海北陸道の延伸により観光入込み客数は増加したものの、宿泊客数は減少しており、観光収入が減少している。スキー場を含む地元の観光協会では、このような傾向に憂慮している。

スキー場のナイター設備を充実することで、夜遅くまでスキーを楽しむことができ、しいては、スキー場周辺で宿泊後、帰路につく利用者の増加も見込まれ、地元としてもナイター設備の充実はメリットのあるものと想定できる。

道の駅の営業時間延長、駐車場の拡張について

規模の小さい道の駅であるが、地元特産品を数多く品揃えしており、休日のみ営業時間を延長しても、多くの利用者が利用すれば、地元としても観光収入の増加が見込めるなどメリットはあるものと想定できる。

7-2-3 渋滞情報提供による時間分散 TDM

(1) 渋滞情報の提供

渋滞予測情報は、過去数年間の交通状況や渋滞状況をもとに、需要交通量や曜日配列等を勘案して日別時間別に予測し、提供している。現在、(財)日本道路交通情報センターや高速道路株式会社(図 7-2-5)、道路交通情報提供事業者のホームページや携帯電話 WEB サイト等において、渋滞時間や渋滞長とともに所要時間情報(図 7-2-6)も付加して提供している。また、今後渋滞が発生するか、発生していれば今後伸びるか縮むか解消するかをリアルタイムに予測して提供している。

また、現在の道路状況(渋滞状況等)も同様に(財)日本道路交通情報センター(図 7-2-7)等において提供されており、VICS 画面や図形情報板等でも表示されている。



2006年1月2日は73箇所で渋滞が予測されています

●をクリックすると詳細情報をご覧いただけます
工事に関する情報は、各会社のホームページをご覧ください。

道路名	方向	詳細	渋滞が発生すると予測される				ピーク時の時刻	規制情報
			区間(自)	区間(至)	ボトルネック箇所	時間帯		
東名高速道路	上り	● 御殿場IC	横浜町田IC	大和TN付近	10:00~翌日0:00	17時	25km	
東名高速道路	上り	● 相良牧之原IC	焼津IC	吉田IC付近	10:00~19:00	14時	15km	
東名高速道路	上り	● 清水IC	裾野IC	沼津IC付近	15:00~21:00	18時	25km	
東名高速道路	上り	● 清水IC	富士IC	松岡BS付近	12:00~17:00	14時	15km	
東名高速道路	下り	● 沼津IC	清水IC	松岡BS付近	10:00~18:00	14時	20km	
東名高速道路	下り	● 東京IC	厚木IC	大和TN付近	7:00~16:00	11時	25km	
東名高速道路	上り	● 東名川崎IC	東京IC	東京IC付近	9:00~18:00	12時	15km	
東名高速道路	上り	● 岡崎IC	三ヶ日IC	三ヶ日TN付近	14:00~20:00	16時	30km	
東名高速道路	上り	● 春日井IC	岡崎IC	岡崎IC付近	9:00~21:00	11時	30km	
東名高速道路	上り	● 菅羽濃IC	豊川IC	豊川IC付近	9:00~14:00	10時	5km	
東名高速道路	下り	● 豊川IC	豊田JCT	岡崎IC付近	16:00~22:00	18時	25km	
名神高速道路	上り	● 京都南IC	大津IC	大津IC付近	15:00~19:00	17時	10km	

図 7-2-5 渋滞予測情報の提供事例(ドライブカレンダー)



ハイウェイナビゲーター Highway Navigator

簡単ハイナビ | 検索対象外の有料道路 | お知らせ | 利用規定 | ヘルプ

IC選択方法: 地図から検索 | 道路名から検索 | IC名から検索

ルート検索: ご利用車種: 普通車 | 指定しない | 必ず | 通る | 指定しない | 必ず | 通る | 指定しない | 必ず | 通る

並べ順・表示件数: 金額順に5件 | 指定しない | 必ず | 通る | 指定しない | 必ず | 通る

カンタン絞り込み: 全ての道路を通る | 指定しない | 必ず | 通る

選択IC: 出発IC: 名神・小牧 | 到着IC: 東海北陸・高鷲 | 復路 | 検索開始

【名神の小牧】->【東海北陸の高鷲】の検索結果 1件 検索時間: 0.021秒

渋滞を検索: 出発予定日時: 2006年 1月 12日 18時 | ETC割引料金 表示する | 到着エリア周辺の観光情報

詳細	料金	距離	通常時所要時間	経路	QRコード
ルート1	2,650円	97.3km	1時間13分	名神->東海北陸	ルート1

図 7-2-6 所要時間情報の提供事例(ドラナビ)



図 7-2-7 現在の道路交通情報の提供事例 ((財)日本道路交通情報センター)

(2) 時間分散 TDM

東海北陸道(上り線)の平山T N付近の渋滞発生は、休日の15時台～18時台に集中している。

このことは、休日のある時間帯に交通が集中していることを如実に表しており、この時間帯の交通を平滑化することによって、渋滞を低減させることができるものと考ええる。

なお、既往の研究結果では、出発時間を早めて頂いた場合、渋滞ピーク予想時刻は避けていたが、交通需要ピーク時刻に時間変更している方も存在し、必ずしも渋滞削減に寄与していないことが知られている。このため、時間分散は、交通容量に満たない時間帯に高速道路を利用するよう促すことが妥当であると考ええる。その考え方を図 7-2-8 に示す。

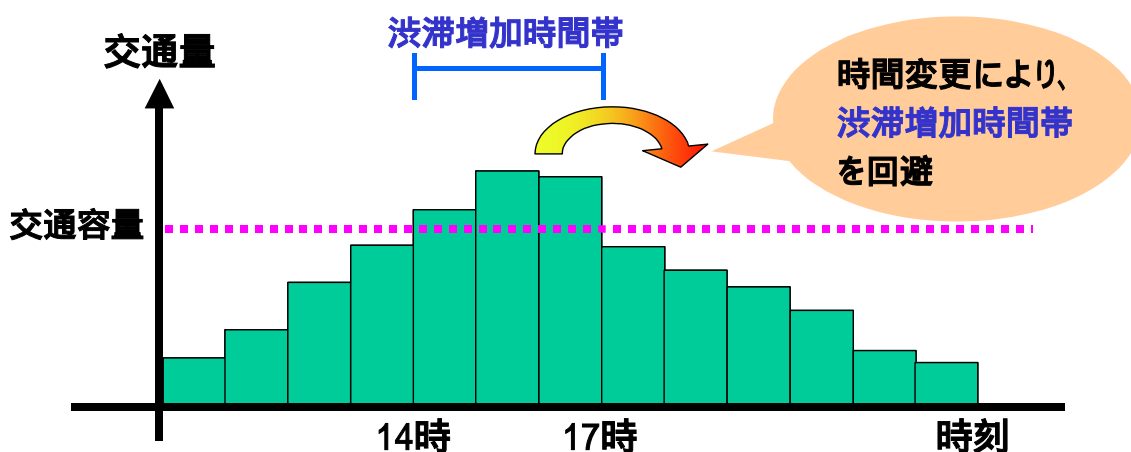
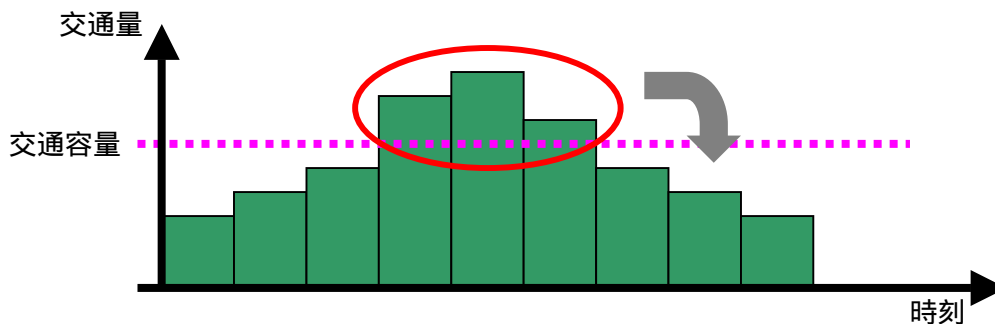


図 7-2-8 時間分散による渋滞対策の考え方

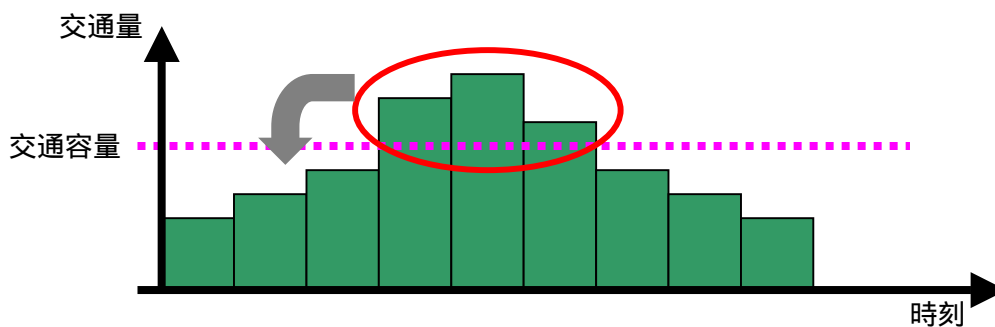
7-2-4 時間分散 TDM による渋滞予測

上記の時間分散 TDM による効果を予測するため、平成 17 年 2 月 12 日の交通量を用い、15 時～20 時における各時間帯の実交通量のうち、下記のケースについて渋滞予測を行う。

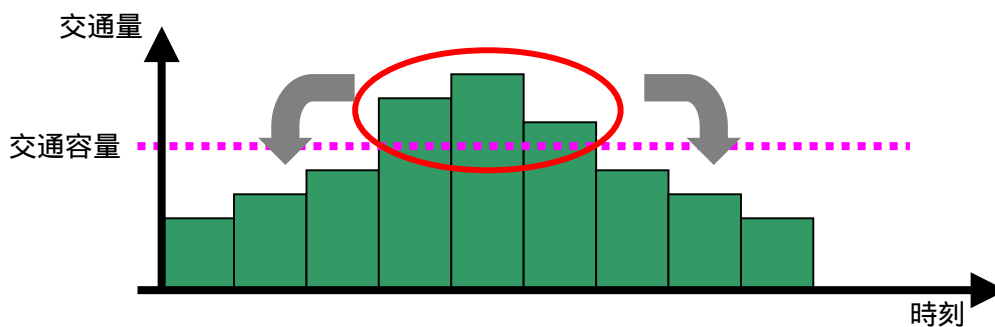
出発時間を 2 時間遅らせた場合



出発時間を 2 時間早めた場合



出発時間を前後 2 時間に分散させた場合



(1) 前提条件

交通データ：平成 17 年 2 月 12 日の実交通量

時間変動；白鳥 IC～高鷲 IC を適用

日交通量；ぎふ大和 IC～白鳥 IC を適用

渋滞発生位置：平山 TN 付近に設定、交通容量は冬季の観測値を用いる。

渋滞発生時交通量；1,110 台/時（表 4-1-2 参照）

渋滞発生後捌け交通量；839 台/時（表 4-1-2 参照）

対象時間帯；15 時～18 時における各時間帯を分散させる

遅らせる交通量の割合；5%、10%、15%に設定

(2) 出発時間を2時間遅らせた場合

1) 設定した時間交通量

出発時間を2時間遅らせた場合の白鳥IC～高鷲ICの設定交通量を表7-2-2に、時間変動を図7-2-9に示す。

表 7-2-2 出発時間を2時間遅らせた場合の設定交通量

時間帯	白鳥IC～高鷲IC間の時間変動			
	実交通量	5%遅らせ	10%遅らせ	15%遅らせ
0～1	13	13	13	13
1～2	8	8	8	8
2～3	12	12	12	12
3～4	1	1	1	1
4～5	9	9	9	9
5～6	19	19	19	19
6～7	48	48	48	48
7～8	88	88	88	88
8～9	132	132	132	132
9～10	177	177	177	177
10～11	215	215	215	215
11～12	231	231	231	231
12～13	323	323	323	323
13～14	604	604	604	604
14～15	846	846	846	846
15～16	1,227	1,166	1,104	1,043
16～17	1,338	1,271	1,204	1,137
17～18	1,121	1,126	1,131	1,137
18～19	622	689	756	823
19～20	465	521	577	633
20～21	434	434	434	434
21～22	280	280	280	280
22～23	107	107	107	107
23～24	56	56	56	56
合 計	8,376	8,376	8,376	8,376

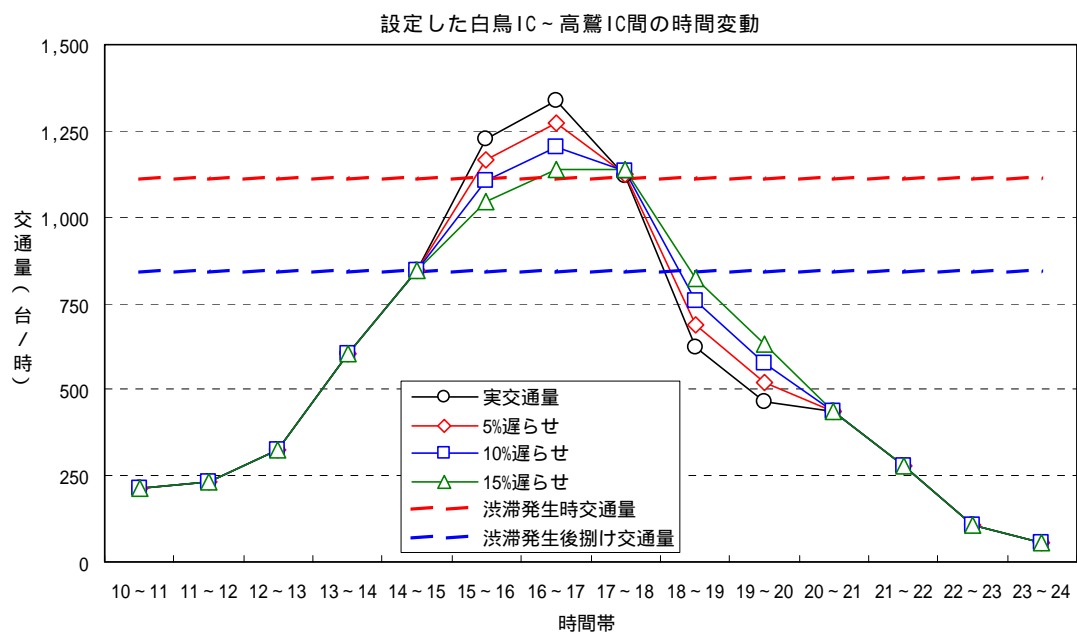


図 7-2-9 出発時間を2時間遅らせた場合の時間変動

2) 渋滞予測結果

表 7-2-3 と図 7-2-10 に、出発時間を 2 時間遅らせた場合における渋滞予測結果を示す。

- 10%程度の交通量を 2 時間遅らせることが望ましく、この場合、実交通量に比べ、渋滞時間は1時間減り、最大渋滞長は12.2km短くなり、渋滞量は233.0km/時減少することが予測される。

表 7-2-3 出発時間を 2 時間遅らせた場合の渋滞予測結果

区 分	実交通量	出発時間を 2 時間遅らせる交通量の割合		
		5%	10%	15%
渋滞時間	5	5	4	4
		± 0	1	1
最大渋滞長	21.4	18.4	9.2	7.7
		3.0	12.2	13.7
渋滞量	311.6	267.7	78.6	72.7
		43.9	233.0	238.9

上段：予測結果、下段：基準交通量と比較したときの増減量

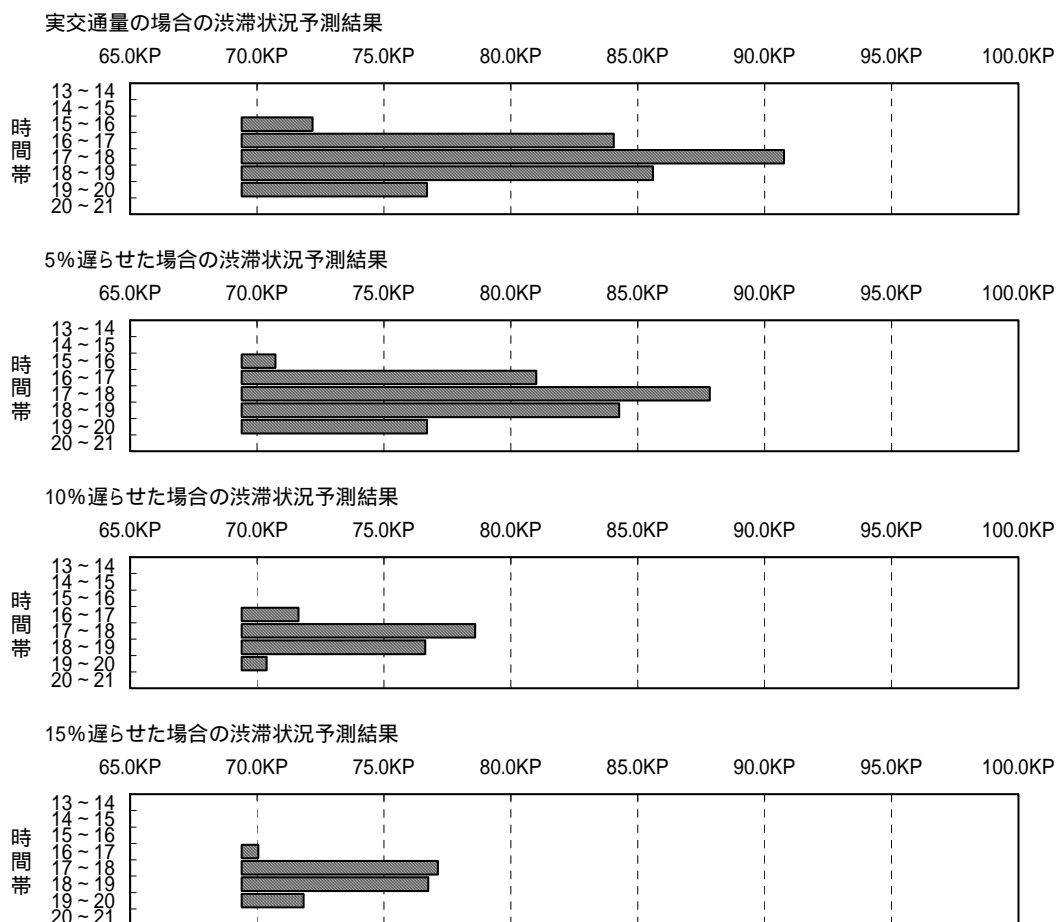


図 7-2-10 出発時間を 2 時間遅らせた場合の渋滞予測結果

(3) 出発時間を2時間早めた場合

1) 設定した時間交通量

出発時間を2時間早めた場合の白鳥IC～高鷲ICの設定交通量を表7-2-4に、時間変動を図7-2-11に示す。

表 7-2-4 出発時間を2時間早めた場合の設定交通量

時間帯	白鳥IC～高鷲IC間の時間変動			
	実交通量	5%早め	10%早め	15%早め
0～1	13	13	13	13
1～2	8	8	8	8
2～3	12	12	12	12
3～4	1	1	1	1
4～5	9	9	9	9
5～6	19	19	19	19
6～7	48	48	48	48
7～8	88	88	88	88
8～9	132	132	132	132
9～10	177	177	177	177
10～11	215	215	215	215
11～12	231	231	231	231
12～13	323	323	323	323
13～14	604	665	726	788
14～15	846	913	980	1,047
15～16	1,227	1,222	1,216	1,211
16～17	1,338	1,271	1,204	1,137
17～18	1,121	1,065	1,009	953
18～19	622	622	622	622
19～20	465	465	465	465
20～21	434	434	434	434
21～22	280	280	280	280
22～23	107	107	107	107
23～24	56	56	56	56
合 計	8,376	8,376	8,376	8,376

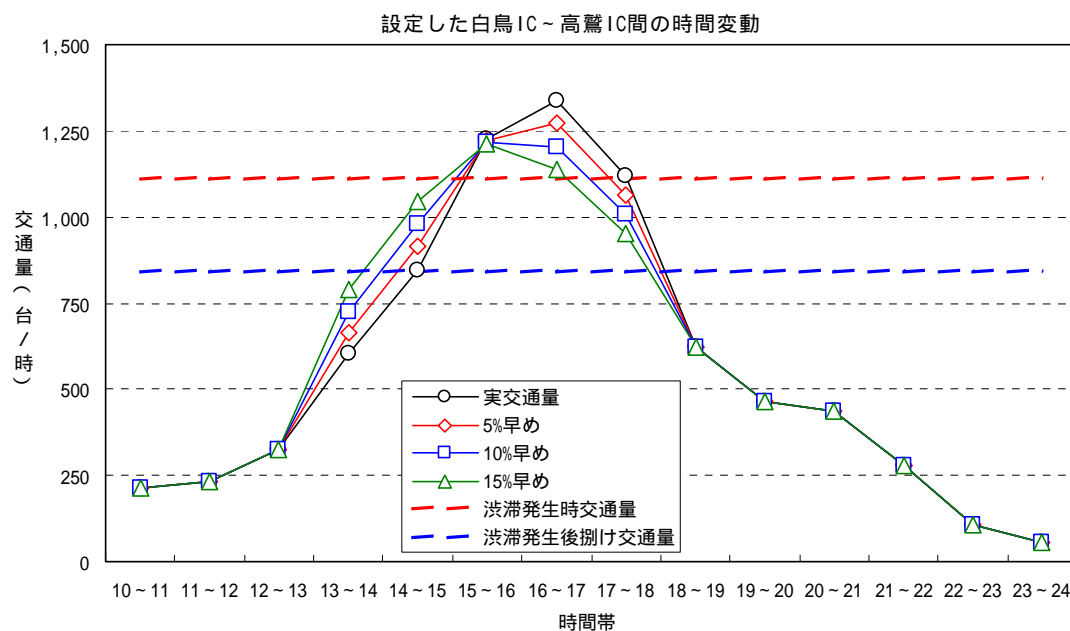


図 7-2-11 出発時間を2時間早めた場合の時間変動

2) 渋滞予測結果

表 7-2-5 と図 7-2-12 に、出発時間を 2 時間早めた場合における渋滞予測結果を示す。

- 15%程度の交通量を 2 時間早めることが望ましく、この場合、実交通量に比べ、渋滞時間は1時間減り、最大渋滞長は9.2km短くなり、渋滞量は187.0km/時減少することが予測される。

表 7-2-5 出発時間を 2 時間早めた場合の渋滞予測結果

区 分	実交通量	出発時間を 2 時間早めた交通量の割合		
		5%	10%	15%
渋滞時間	5	5	5	4
		± 0	± 0	1
最大渋滞長	21.4	18.3	15.3	12.2
		3.1	6.1	9.2
渋滞量	311.6	256.5	201.5	124.6
		55.1	110.1	187.0

上段：予測結果、下段：実交通量と比較したときの増減量

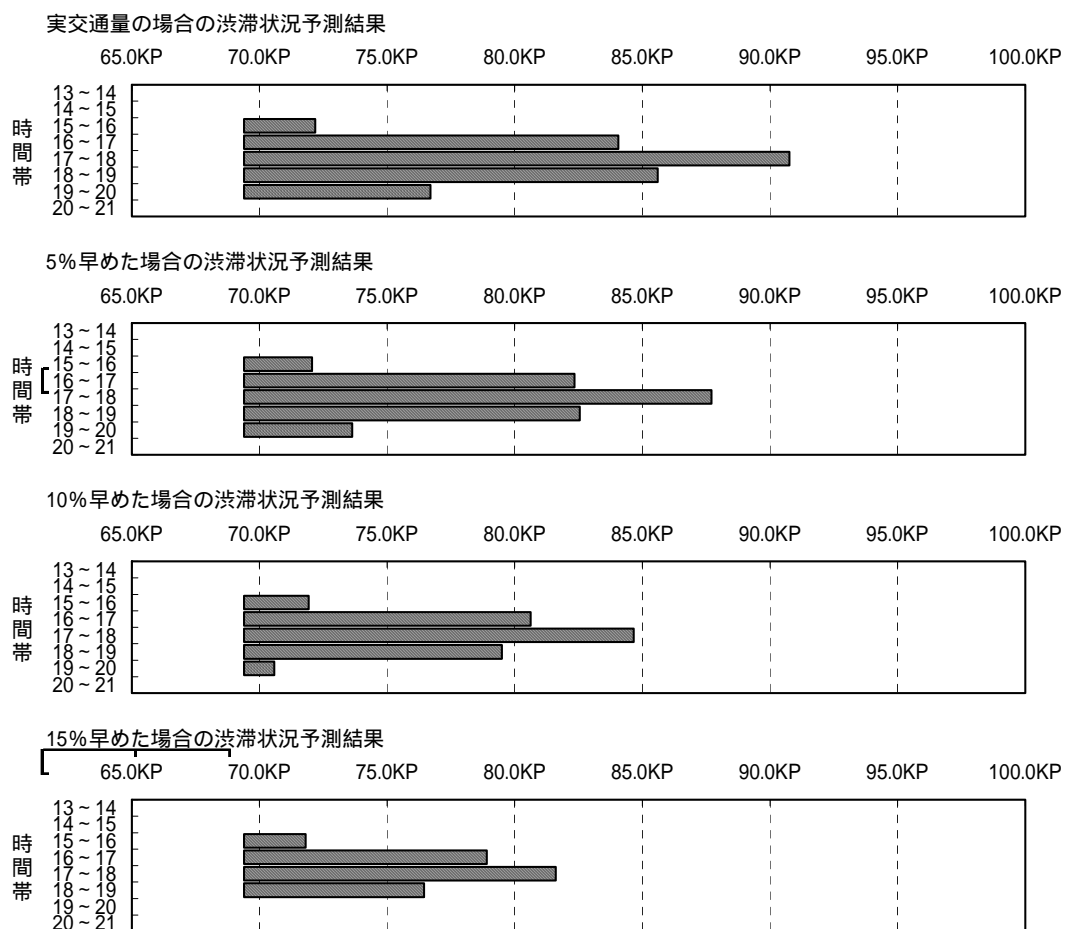


図 7-2-12 出発時間を 2 時間早めた場合の渋滞予測結果

(4) 出発時間を前後2時間に分散させた場合

1) 設定した時間交通量

出発時間を前後2時間に分散させた場合の白鳥IC～高鷲ICの設定交通量を表7-2-6に、時間変動を図7-2-13に示す。

表 7-2-6 出発時間を前後2時間に分散させた場合の設定交通量

時間帯	白鳥IC～高鷲IC間の時間変動			
	実交通量	5%分散	10%分散	15%分散
0～1	13	13	13	13
1～2	8	8	8	8
2～3	12	12	12	12
3～4	1	1	1	1
4～5	9	9	9	9
5～6	19	19	19	19
6～7	48	48	48	48
7～8	88	88	88	88
8～9	132	132	132	132
9～10	177	177	177	177
10～11	215	215	215	215
11～12	231	231	231	231
12～13	323	323	323	323
13～14	604	665	726	788
14～15	846	846	846	846
15～16	1,227	1,166	1,104	1,043
16～17	1,338	1,271	1,204	1,137
17～18	1,121	1,065	1,009	953
18～19	622	689	756	823
19～20	465	521	577	633
20～21	434	434	434	434
21～22	280	280	280	280
22～23	107	107	107	107
23～24	56	56	56	56
合 計	8,376	8,376	8,376	8,376

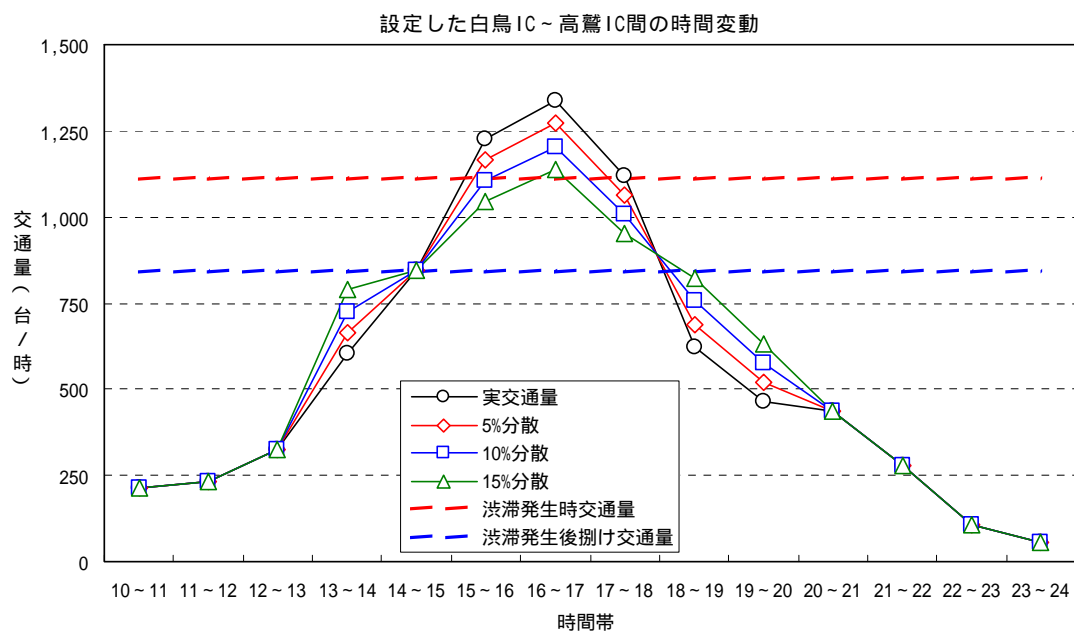


図 7-2-13 出発時間を前後2時間に分散させた場合の時間変動

2) 渋滞予測結果

表 7-2-7 と図 7-2-14 に、出発時間を前後 2 時間に分散させた場合における渋滞予測結果を示す。

- 10%程度の交通量を前後 2 時間に分散させれば、実交通量に比べ、渋滞時間は2時間減り、最大渋滞長は15.1km短くなり、渋滞量は273.1km/時減少することが予測され、大幅な渋滞緩和に繋がる。

表 7-2-7 出発時間を前後 2 時間に分散させた場合の渋滞予測結果

区 分	実交通量	出発時間を 2 時間遅らせる交通量の割合		
		5%	10%	15%
渋滞時間	5	5	3	3
		± 0	2	2
最大渋滞長	21.4	17.0	6.3	3.4
		4.4	15.1	18.0
渋滞量	311.6	245.8	38.5	20.9
		65.8	273.1	290.7

上段：予測結果、下段：基準交通量と比較したときの増減量

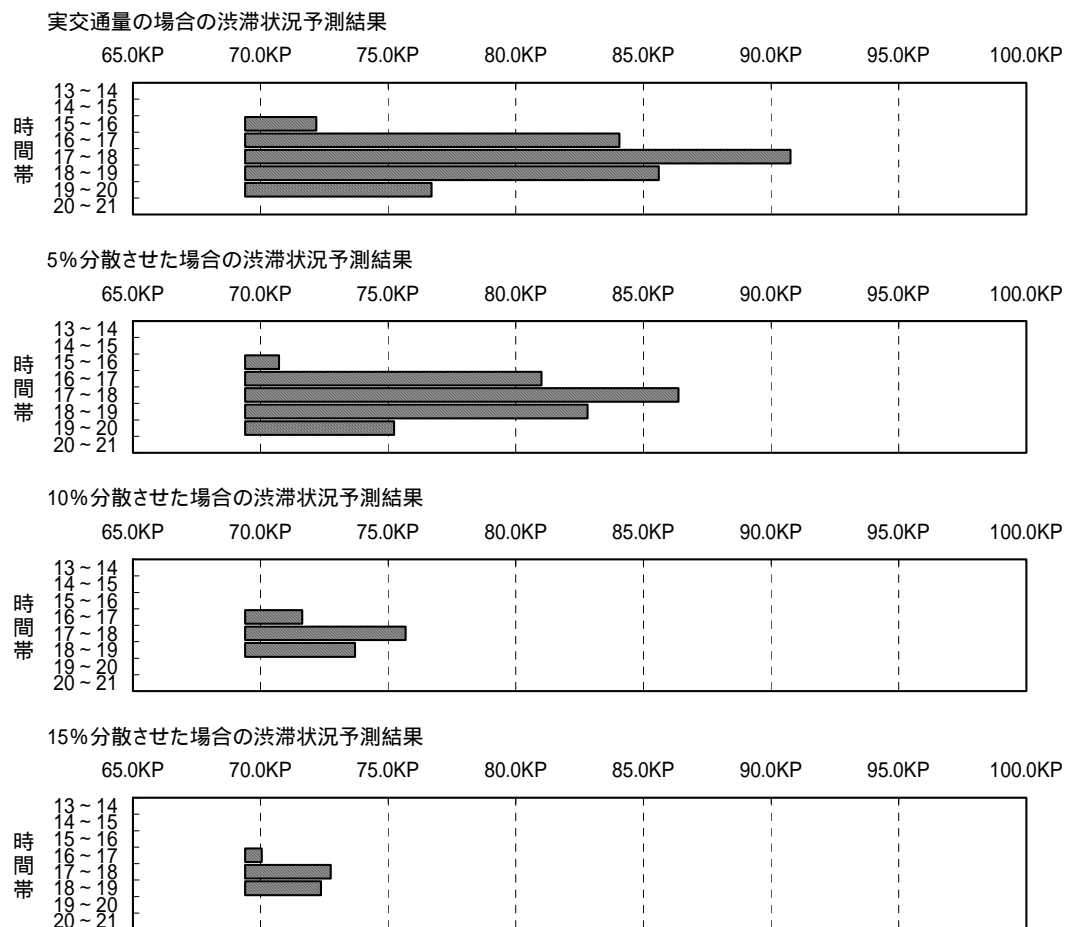


図 7-2-14 出発時間を前後 2 時間に分散させた場合の渋滞予測結果

7-2-5 交通需要分散によるソフト的渋滞対策のまとめ

本節では、交通需要分散によるソフト的渋滞対策として、東海北陸道の暫定2車線区間の冬季渋滞を対象に、TDMの観点から各施策による交通需要の分散効果、即ちソフト的渋滞対策効果の試算を行った。その主な結果は以下のとおりである。

(1) 沿道休憩施設と連携した時間分散 TDM

スキー場のナイター設備の充実や道の駅の営業時間延長・駐車場の拡張といった、東海北陸道の沿道休憩施設を充実させることにより、スキー客の出発時間を遅らせることによる時間分散 TDM が図ることができる。そのためにも、沿道休憩施設との連携が不可欠である。

(2) 渋滞情報提供による時間分散 TDM

渋滞時間や所要時間といった渋滞予測情報や現在の渋滞状況をさらに適切に提供することが時間分散 TDM を図ることに繋がる。

(3) 時間分散 TDM による効果

東海北陸道 白鳥 IC～高鷲 IC 間における時間分散 TDM では、出発時間を2時間早める場合に比べ、出発時間を2時間遅らせる時間分散 TDM が効果が大きい。さらに、出発時間を前後2時間に分散させた時間分散 TDM により、大幅な渋滞緩和に繋がる。

従って、渋滞情報・予測情報の適切な提供により、出発時間（高速道路に乗る時間）を遅らせる動機付けと魅力的な施設・イベントとを組み合わせることが必要である。

第8章 まとめと今後の課題

8-1 まとめ

片側2車線以上の高速道路のボトルネック現象に関する調査・研究は、1980年頃より始められ、渋滞発生メカニズムや交通容量について明らかになってきた。しかし、暫定2車線（片側1車線）の高速道路におけるボトルネック現象や交通容量などについては、それが暫定的・短期的であるとの従来からの認識により十分に把握されているとは言えない。一方、暫定2車線高速道路は、供用当初の交通量が少ない期間の初期投資を抑制することを目的としていることから、昨今の公共投資抑制風潮の中でますます増加の一途を辿っている。これらの背景を踏まえた本研究は、暫定2車線高速道路のボトルネック現象及び交通容量に関する先駆的な詳細研究である。

本研究から、以下のような成果が得られた。

- (1) 高速道路の暫定2車線区間におけるボトルネック現象やボトルネック交通容量に着目し、実観測データを用いて分析し、a)4車線区間と同様に渋滞発生後のボトルネック交通容量の低下現象が発生すること、b)交通容量の低下割合が4車線区間と比較して大きいこと、c)交通容量が4車線区間の1車線当たりの交通容量より小さいことなど、4車線区間と対比しつつ暫定2車線区間に存在するボトルネック現象の特性を明らかにした。

表 8-1-1 暫定2車線区間と4車線区間のボトルネック交通容量の比較

（単位：台/時）

区間	車線	渋滞発生時 交通量	渋滞発生後 捌け交通量	低下割合
暫定2車線区間	走行	1,140	950	-17%
4車線区間	走行	1,280	1,300	1%
	追越	1,860	1,480	-20%
	2車線合計	3,150	2,780	-12%
	1車線当たり	1,580	1,390	-12%

- (2) ボトルネックの上流に設置された付加車線がボトルネック容量を増大するまたは渋滞発生を防ぐメカニズムを示唆し、実データを用いて検証を行った。
- (3) 全国の暫定2車線区間における16箇所のボトルネック交通容量と道路構造とのデータベースを整理・分析し、ボトルネック交通容量とボトルネック付近の道路構造との関係を多変量分析を用いて行い、道路構造によるボトルネック交通容量の確定的マクロ推定手法を提案した。

$$\begin{aligned} \text{渋滞発生時交通量} &= 1412.3 - 84.414 \times [\text{下流側縦断勾配}(\%)] - 106.85 \times [\text{トンネル要因}(0,1)] \\ \text{渋滞発生後捌け交通量} &= 1247.5 - 76.667 \times [\text{下流側縦断勾配}(\%)] - 161.61 \times [\text{トンネル要因}(0,1)] \end{aligned}$$

また、観測交通量データを用いて、渋滞発生回数の相対的に多い5箇所の暫定2車線区間ボトルネックにおける交通容量の確率分布と渋滞発生確率分布の推定手法を提案した。

- (4) 車両一台一台の挙動を考慮に入れたミクロな視点より、暫定2車線区間ボトルネックにおける渋滞発生時交通量を推定する手法を構築し、その検証を行った。渋滞発生時交通量の推定に際し、暫定2車線区間ボトルネックに流入する車群に着目し、最初に車群として走行する車両の走行特性について分析を行い、続いてその知見を元に片側1車線単路区間・付加車線設置区間・ボトルネックにおける車両挙動をモデル化し、ボトルネックにおける渋滞発生時交通量を推定するシミュレーションの構築を行った。さらに、構築したシミュレーションの各モデルの現状再現性を検証した後、シミュレーションを用いて、ボトルネック容量に影響を与えるボトルネック周辺の道路幾何構造のうち、上流側片側1車線区間長ならびに上流側付加車線延長に着目して、

1) 上流側片側1車線区間長が長くなれば渋滞発生時交通量が小さくなる

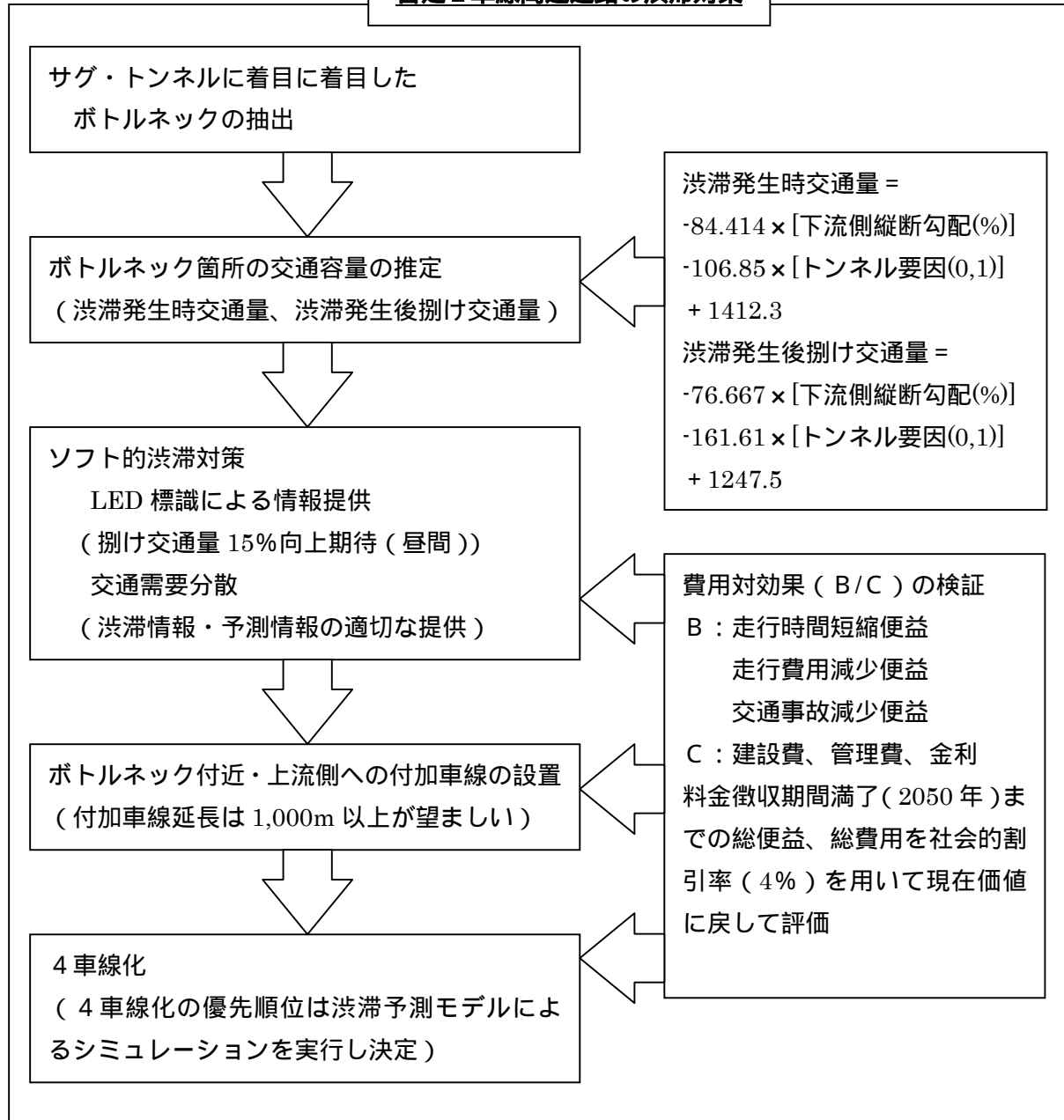
2) 上流側付加車線延長が長くなれば渋滞発生時交通量が大きくなる

という仮説を検証した。

これより、高速道路暫定2車線区間におけるボトルネックでは、ボトルネックに到達するまでに車群形成を抑制するような道路構造を設けること、すなわち付加車線設置区間を延伸し、ボトルネックまでの片側1車線区間を短くすることが渋滞対策となりうることを示すことができた。

- (5) ボトルネック交通容量推定手法の応用として、顕在化しているボトルネックを解消することによって発生する潜在的ボトルネックの推定方法及び、本研究で得られたボトルネック交通容量推定手法により推定した潜在的ボトルネックの交通容量や交通需要パターンを用いた渋滞予測手法などを提案した。この渋滞予測モデルを東海北陸道的美濃IC～美並IC間の4車線化段階供用前後の事例実績とよく一致することを検証した。
- (6) 暫定2車線区間のソフト的渋滞対策として、LED標識を用いた渋滞先頭位置の情報提供によるボトルネック交通容量向上の可能性を現地実験により確認し、そのメカニズムを分析した。その結果、渋滞先頭付近でLED標識を用いた渋滞先頭位置の情報提供により、昼間の渋滞捌け交通量に約15%の向上効果が確認され、この効果は片側2車線以上の高速道路より大きいことが分かった。
- (7) また、交通需要の管理（分散・抑制）という観点から、渋滞予測結果またはリアルタイムの渋滞情報の提供によるピーク時交通需要の分散・抑制を図り、渋滞軽減の可能性について検討を行い、そのための施策提案を行った。
- (8) 暫定2車線高速道路の渋滞対策としては、抜本的には4車線化することが最も有効であるが、限られた資源を有効に活用するためには、費用対効果を考慮して次のフローに従い対策を実施することを提案する。また、道路の計画・設計段階においてもボトルネックを作らないような道路構造を採用すると共に、やむを得ないときにはボトルネック上流側に適当な付加車線を設けることが必要である。

暫定 2 車線高速道路の渋滞対策



8-2 今後の課題

今後の課題として、以下のようなことが挙げられる。

- (1) 本研究では、全国の暫定2車線高速道路のボトルネックにおける交通容量と道路構造を解析したが、車両感知器の設置箇所の影響により、分析に用いられるボトルネック数は限定される。今後、分析サンプル数を増やしてデータを蓄積し更なる分析を進めていくことが必要である。
- (2) 暫定2車線区間のボトルネック交通容量のミクロ推定手法を提案したが、今後実データを増やし引き続き検証を進める必要である。
- (3) 暫定2車線区間のソフト的渋滞対策として、LED標識を用いた渋滞先頭位置の情報提供によるボトルネック交通容量の向上効果を現地実験により確認したが、今後、別のボトルネックも含めて同様な実験を行い更に確認していくことが必要である。
- (4) ソフト的渋滞対策としてのTDM（交通需要の経路・時間の分散）の実証的研究を続けて行く必要がある。そのためには、第4章で提案した渋滞発生確率による予測とその情報提供によるTDMを推進することが必要であると思われる。

参考文献

- 1) 越正毅：高速道路トンネルの交通現象，国際交通安全学会誌，Vol.10 No.1, pp.32-38, 1984.
- 2) 越正毅：高速道路のボトルネック容量，土木学会論文集，第 371 号/IV-5, pp.1-7, 1986.
- 3) 越正毅，桑原雅夫，赤羽弘和：高速道路のトンネル，サグにおける渋滞現象に関する研究，土木学会論文集，No.458/4-18, pp.65-71, 1993.1.
- 4) 邢健，越正毅：高速道路のサグにおける渋滞現象と車両追従挙動の研究，土木学会論文集，No.506/IV-26, pp.45-55, 1995.1.
- 5) 大口敬：高速道路サグにおける渋滞の発生と道路線形との関係，土木学会論文集，No.524/IV-29, pp.69-78, 1995.10.
- 6) (社)交通工学研究会，平成7年度～平成10年度 高速道路の交通容量に関する調査検討総括報告書(日本道路公団委託)，平成11年3月.
- 7) 岡村秀樹，渡辺修治，泉正之：高速道路単路部の交通容量に関する調査研究(上)，高速道路と自動車，第44巻 第2号，2001.2.
- 8) 岡村秀樹，渡辺修治，泉正之：高速道路単路部の交通容量に関する調査研究(下)，高速道路と自動車，第44巻 第3号，2001.3.
- 9) 吉川良一，長浜和実，寒河江克彦：暫定2車線高速道路におけるボトルネック箇所の抽出と交通容量分析、土木学会第59回年次学術講演会講演集 第 部門, CD-ROM, 2004.9.
- 10) 吉川良一，長浜和実，寒河江克彦：東海北陸自動車道における暫定2車線区間の交通容量に関する検討、第24交通工学研究発表会論文報告集，pp.89-92, 2004.10.
- 11) 吉川良一，長浜和実，寒河江克彦，吉井稔雄，北村隆一：暫定2車線区間のボトルネック上流の付加車線設置による渋滞軽減効果の検討,第30回土木計画学研究講演集,CD-ROM，2004.11.
- 12) 塩見康博，吉井稔雄，北村隆一，吉川良一：高速道路片側一車線区間におけるボトルネック現象に関する考察，第25回交通工学研究発表会論文報告集，pp.25-28，2005.10.

- 1 3) 吉川良一, 長浜和実, 邢健, 吉井稔雄, 北村隆一: 高速道路暫定 2 車線区間におけるボトルネック交通容量に関する考察, 土木計画学研究・論文集 22, pp.839-846, 2005.11.
- 1 4) Ryoichi YOSHIKAWA, Hideo MIZUKAMI, Jian XING, Toshio YOSHII and Ryuichi KITAMURA: A Study on Bottleneck Capacity on Divided Two-lane Expressways, 5th International Symposium on Highway Capacity and Quality of Service, Yokohama, July 2006. (論文審査中)
- 1 5) Matt LORENZ and Lily ELEFTERIADOU: A Probabilistic Approach to Defining Freeway Capacity and Breakdown, Proceedings of the 4th International Symposium on Highway Capacity, Transportation, Research Circular E-C018, pp.84-95, Transportation Research Board, Washington D.C., 2001.6.
- 1 6) Lily ELEFTERIADOU and Ponlathep LERTWORAWANICH: Defining, Measuring and Estimating Freeway Capacity, TRB 2003 Annual Meeting CD-ROM, Transportation Research Board, Washington D.C., 2003.1.
- 1 7) Michiel M. MINDERHOUD, Hein BOTMA and Piet H.L. BOVY: Assessment of Roadway Capacity Estimation Methods, TRR No.1572, pp.59-67, Transportation Research Board, Washington D.C., 1997.
- 1 8) Werner BRILON, Justin GEISTEFELDT and Matthias REGLER: Reliability of Freeway Traffic Flow: A Stochastic Concept of Capacity, Proceedings of the 16th International Symposium on Transportation and Traffic Theory (ISTTT16), pp.125-143, 2005.7.
- 1 9) 栗原光二, 日置洋平: 高速道路ボトルネックの交通容量改善策, 土木計画学・論文集 No.12, pp.731-738, 1995.8.
- 2 0) 栗原光二, 羽山章, 安積淳一: ボトルネック対策としての付加車線の効用, 高速道路と自動車, 第 42 巻第 7 号, pp.29-36, 1999.7.
- 2 1) 大口敬, 桑原雅夫, 赤羽弘和, 渡邊亨: ボトルネック上流における車線利用率の矯正効果と付加車線設置形態, 交通工学, Vol.36 No.1, pp.59-69, 2001.
- 2 2) 渡邊亨, 逢坂光博, 平井章一: 高速道路における渋滞対策としての単路部付加車線のあり方, 交通工学, Vol.38 増刊号, pp.41-44, 2003.

- 23) 山田芳嗣, 阿部重雄, 長瀬博紀: LED 表示板を活用した渋滞対策, 第 23 回交通工学研究発表会論文報告集, 2003.10.
- 24) Yasuhiro SAITO, Jian XING, Yasuhiro NONAKA, Takashi ISHIDA and Hisao UCHIYAMA: An Experimental Study on Mitigation of Expressway Traffic Congestion with LED Information Board, Journal of Eastern Asian Society of Transportation Studies, 2005.
- 25) 日本道路公団, 暫定 2 車線道路の設計基準 (案)・同解説, 平成 2 年 7 月.
- 26) (財) 高速道路技術センター, 道路構造に関する技術検討報告書 (日本道路公団委託), 平成 14 年 2 月.
- 27) Surasak TAWESILLP, Iaumi OKURA and Fumihiko NAKAMURA: "Study of Platoon Characteristics on a Multi-lane Expressway", Proceedings of Infrastructure Planning, Vol.18 No.5, 2001.
- 28) 北村隆一, 森川高行編著, "交通行動の分析とモデリング", 技報堂出版, p.107, 2002.
- 29) 例えば, 佐野可寸志, 松本昌二, 成田純友: 高速道路の追越車線における車両挙動の分析, 第 20 回交通工学研究発表会論文報告集, pp.53-56, 2000.
- 30) 中村美保子, 喜多秀行: 追従車の存在を考慮した自由走行速度分布の推定法, 土木計画学研究・講演集 Vol.26 No.76, 2002.
- 31) (財) 高速道路技術センター, 高速道路の交通対策に関する検討報告書 (日本道路公団委託), 平成 17 年 3 月.
- 32) 中谷了, 皆方忠雄, 佐藤久長, 市川昌: 渋滞巻き込まれ時間を考慮した LED 標識による速度回復情報提供の効果検証, 第 25 回交通工学研究発表会論文報告集, pp.173-176, 2005.10.

謝 辞

本論文の作成に当り、多くの方の指導・助言・助力を頂きましたことを心より感謝申し上げます。

まず、京都大学工学研究科博士後期課程への進学のかっかけを示して頂きました須田日出夫工学博士に感謝致します。彼は私の京都大学工学部時代からの友人で、私より2年早く工学博士になったのですが、彼とは偶然にも東京駅の新幹線切符売り場に前後して並んでいたことから声を掛け合い、同じ列車の隣同士で積もる話に花が咲いたのでした。

そこで、彼が現在、京都大学の北村隆一教授の下で博士後期課程の社会人学生として学位を目指していることを聞き、あの授業嫌いの須田君がと思う気持と同時に、もしかしたら私でもと思ったのが発端でした。

そして、彼のアドバイスにより指導を受けた北村隆一教授、吉井稔雄助教授には、論文の論理の組み立てや理論の統一化で有益なご示唆を頂きました。また、研究当初に、本論文の主要ポイントである東海北陸自動車道の現場にわざわざお越し頂き、現地検討会で論文構成のための前提条件や調査方針などに的確な指示を頂き、そのお蔭でその後の調査、解析が一度も後戻りすることなく順調に運ぶことができました。また、北村研究室修士課程の塩見康博君には、渋滞のミクロ分析での実証的研究をして頂きました。その研究はボトルネックとその直前の区間における車両挙動をシュミレーションモデルの構築と数値解析によって確率的に表現し、私のマクロな観点からの研究に深みと理論的根拠を与えてくれました。

そして、私の直感や思い付きを辛抱強く整理、分析してくれた財団法人高速道路技術センターの佐藤久長交通研究課長、邢 健課長代理、瀬古賢司係長には、深甚なる感謝の気持ちを捧げます。彼らは莫大なデータの山から貴金属を探し出し、その精錬の課程で、まさに気の遠くなるような分析をしてくれました。特に、邢代理（工学博士）には、交通工学の先達として、交通工学の最新理論との関連や統計解析においても大変なご支援を頂きました。また、財団法人高速道路技術センターには、収益性のない仕事に我慢強く付き合って頂きましたが、本研究で開発した暫定2車線高速道路渋滞予測モデルは、きっと将来、センターの収益性に大きく寄与する時が来ると思っています。ご期待下さい。

さらに、旧日本道路公団（JH）で交通技術課長として、詳細なデータ収集・分析を担当してくれた中日本高速道路㈱ 水上秀夫交通技術チームリーダー、西日本高速道路㈱管理事業部 長浜和美総括チームリーダー、前岐阜工事事務所長 寒河江克彦 東日本高速道路㈱技術グループリーダーに限りない感謝の意を表します。彼らは、多忙な本来業務の合間をぬってデータの収集準備から収集・解析、そして学会や大学でのプレゼンテーションの資料作成等に多大な協力を頂きました。彼らがいなければ、この論文が日の目を見ることは決してなかったでしょう。このように、実に多くの方々のお力沿いによってこの論文が完成したことを肝に銘じ、今後とも残された課題に取り組んでいきたいと思ひます。